météorologie

Caractéristiques des précipitations horaires et des épisodes pluvieux sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie

M.P.-64

Québec

89-03026/

Ministère de l'Environnement

Caractéristiques des précipitations horaires et des épisodes pluvieux sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie

M.P.-64

Auteurs

Ten Ong Siew Yan Yu[1]
Jean Rousselle[1]
Daniel Tessier[1]
Ghislain Jacques[2]
Van Thanh Van Nguyen[3]

1 École Polytechnique de Montréal - Département de génie civil
2 Ministère de l'Environnement - Direction de la météorologie
2 Université McGill - Département de génie civil

Dépôt légal - 3e trimestre 1987
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-17806-8

Envirodoq 870239

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée par le Groupe de recherche sur l'eau en milieu urbain de l'École polytechnique de Montréal. Les auteurs tiennent à exprimer leur gratitude au personnel du groupe qui a contribué à cette étude. Le soutien financier fut accordé par la ministère de l'Environnement du Québec, par le fonds F.C.A.R. et par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

REMERCIEMENTS iii
TABLE DES MATIÈRES v
LISTE DES TABLEAUX viii
LISTE DES FIGURES ix
SOMMAIRE xvii

1. INTRODUCTION 1

2. DÉFINITIONS 5

2.1 Épisode pluvieux 5
2.2 Épisode pluvieux primaire ou élémentaire 6
2.3 Événement humide et evénement sec 7
2.4 Principales caracteristiques d'un hyétogramme 8
2.4.1 Durée d'un épisode pluvieux, D 8
2.4.2 Intensité de pointe, I_p 8
2.4.3 Temps de montée, T_m 8
2.4.4 Hauteur de la précipitation, h 8

3. RÉGION CONSIDERÉE : CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES ET CLIMATOLOGIQUES 9

4. ÉTUDES ANTÉRIEURES SUR LA RÉGION 11

5. ENREGISTREMENT DE LA PRÉCIPITATION HORAIRE 13

5.1 Données horaires disponibles 13
5.2 Données horaires utilisées 13
5.3 Données horaires manquantes 15

PAGE

6. CARACTÉRISTIQUES DE LA PRÉCIPITATION HORAIRE 19

6.1 Intensité moyenne 19
6.2 Intensité maximale moyenne 21
6.3 Hauteur d'eau moyenne 22
6.4 Nombre moyen d'heures de précipitation 25

7. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR D'EAU DE DIVERSES INTENSITÉS 29

8. ÉTUDE DES ÉPISODES PLUVIEUX PRIMAIRES OU ELEMENTAIRES 35

8.1 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur d'eau de diverses durées d'épisode pluvieux primaire 35
8.2 Intensité moyenne de diverses durées d'episode pluvieux primaire 39
8.3 Intensité de pointe de diverses durées d'episode pluvieux primaire 42
8.4 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire 45

9. ÉTUDE DES ÉPISODES PLUVIEUX PERMETTANT DES PÉRIODES SÈCHES MAXIMALES DE D_{sm} HEURES 49

9.1 Choix de la valeur de D_{sm} : durée seche maximale 49
9.2 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur d'eau de diverses durées de précipitation 50
9.3 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux 51
9.4 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux ... 52
9.5 Temps de montée de diverses durées d'episode pluvieux 53

10. CONCLUSION 55

11. BIBLIOGRAPHIE 59

PAGE

APPENDICE A - DONNÉES MANQUANTES À CHAQUE MOIS DES ANNÉES DISPONIBLES AUX HUIT (8) STATIONS PLUVIOGRAPHIQUES CHOISIES 63

APPENDICE B - FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE 73

APPENDICE C - FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ 81

APPENDICE D - INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE 89

APPENDICE E - INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE 97

APPENDICE F - TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DUREES D'EPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE 105

APPENDICE G - FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTE AVEC D_{sm} = 2 HEURES .. 113

APPENDICE H - INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'EPISODE PLUVIEUX AVEC D_{sm} = 2 HEURES 123

APPENDICE I - TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DUREES D'EPISODE PLUVIEUX AVEC D_{sm} = 2 HEURES 133

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU		PAGE
5.1	Caractéristiques des stations pluviographiques étudiées ...	16
5.2	Nombre de mois traités et pourcentages des données manquantes	18
A.1	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station GRANBY	64
A.2	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station ISLAND-BROOK	65
A.3	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station LENNOXVILLE-CDA	66
A.4	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SAINT-GEORGES	67
A.5	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SAINT-HUBERT.A	68
A.6	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SHERBROOKE	69
A.7	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station THETFORD-MINES	70
A.8	Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station VALLÉE-JONCTION	71

LISTE DE FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Schema d'un épisode pluvieux	6
2.2	Schema d'un épisode pluvieux primaire ou d'un évènement pluvieux	7
3.1	Localisation des huit stations pluviographiques et des vingt-six stations pluviométriques	10
6.1	Evolution de l'intensité moyenne de mai à octobre	20
6.2	Evolution de l'intensité maximale moyenne de mai à octobre	23
6.3	Evolution de la hauteur d'eau moyenne de mai à octobre	24
6.4	Evolution du nombre moyen d'heures de precipitation de mai à octobre	26
7.1	Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à LENNOXVILLE-CDA (7024280)	30
8.1	Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à LENNOXVILLE-CDA (7024280)	37
8.2	Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire a LENNOXVILLE-CDA (7024280)	40
8.3	Intensité de pointe de diverses durees d'épisode pluvieux primaire à LENNOXVILLE-CDA (7024280)	43

FIGURE PAGE

8.4 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à LENNOXVILLE-CDA (7024280) 46

B.1 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à GRANBY (7022800) 74

B.2 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à ISLAND-BROOK (7023312) 75

B.3 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à SAINT-GEORGES (7027283) 76

B.4 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à SAINT-HUBERT.A (7027320) 77

B.5 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à SHERBROOKE (7028124) 78

B.6 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à THETFORD-MINES (7028441) 79

B.7 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur des classes d'intensité : faible, modérée et forte à VALLÉE-JONCTION (7028676) 80

FIGURE **PAGE**

C.1 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à GRANBY (7022800) 82

C.2 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à ISLAND-BROOK (7023312) 83

C.3 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à SAINT-GEORGES (7027283) 84

C.4 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à SAINT-HUBERT.A (7027320) 85

C.5 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à SHERBROOKE (7028124) 86

C.6 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à THETFORD-MINES (7028441) 87

C.7 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été à VALLÉE-JONCTION (7028676) 88

D.1 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à GRANBY (7022800) 90

D.2 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à ISLAND-BROOK (7023312) 91

D.3 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-GEORGES (7027283) 92

D.4 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-HUBERT.A (7027320) 93

FIGURE PAGE

D.5 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SHERBROOKE (7028124) 94

D.6 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à THETFORD-MINES (7028441) 95

D.7 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à VALLÉE-JONCTION (7028676) 96

E.1 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à GRANBY (7022800) 98

E.2 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à ISLAND-BROOK (7023312) 99

E.3 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-GEORGES (7027283) 100

E.4 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-HUBERT.A (7027320) 101

E.5 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire a SHERBROOKE (7028124) 102

E.6 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à THETFORD-MINES (7028441) 103

E.7 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à VALLÉE-JONCTION (7028676) 104

F.1 Temps de montée de diverses durees d'episode pluvieux primaire à GRANBY (7022800) 106

FIGURE **PAGE**

F.2 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à ISLAND-BROOK (7023312) 107

F.3 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-GEORGES (7027283) 108

F.4 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SAINT-HUBERT.A (7027320) 109

F.5 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à SHERBROOKE (7028124) 110

F.6 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à THETFORD-MINES (7028441) 111

F.7 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire à VALLÉE-JONCTION (7028676) 112

G.1 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à GRANBY (7022800) 114

G.2 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à ISLAND-BROOK (7023312) 115

G.3 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à LENNOXVILLE-CDA (7024280) 116

FIGURE **PAGE**

G.4 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-GEORGES (7027283) 117

G.5 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-HUBERT.A (7027320) 118

G.6 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à SHERBROOKE (7028124) 119

G.7 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à THETFORD-MINES (7028441) 120

G.8 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur de diverses durées de pluie d'été avec D_{sm} = 2 heures à VALLÉE-JONCTION (7028676) 121

H.1 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux aved D_{sm} = 2 heures à GRANBY (7022800) 124

H.2 Intensite de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à ISLAND-BROOK (7023312) 125

H.3 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à LENNOXVILLE-CDA (7024280) 126

H.4 Intensite de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-GEORGES (7027283) 127

FIGURE **PAGE**

H.5 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-HUBERT.A (7027320) 128

H.6 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SHERBROOKE (7028124) 129

H.7 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à THETFORD-MINES (7028441) 130

H.8 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à VALLÉE-JONCTION (7028676) 131

I.1 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à GRANBY (7022800) 134

I.2 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à ISLAND-BROOK (7023312) 135

I.3 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à LENNOXVILLE-CDA (7024280) 136

I.4 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-GEORGES (7027283) 137

I.5 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SAINT-HUBERT.A (7027320) 138

I.6 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à SHERBROOKE (7028124) 139

I.7 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à THETFORD-MINES (7028441) 140

FIGURE PAGE

I.8 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux avec D_{sm} = 2 heures à VALLÉE-JONCTION (7028676) 141

SOMMAIRE

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques de la précipitation horaire dans la région des Bois-Francs et de l'Estrie au Québec méridional.

Pour cette étude, huit stations pluviographiques réparties sur trois principales zones physiographiques et possédant des données horaires de précipitation pour une période d'au moins dix ans en 1980 ont été choisies.

Une analyse préliminaire de l'intensité moyenne, de l'intensité maximale, de la hauteur et du nombre moyen d'heures de précipitation précède une analyse de fréquence d'occurrence et de contribution en hauteur de diverses classes d'intensité et de durée.

Les intensités de précipitation les plus fréquentes de la région sont de l'ordre de 0,30 mm/hre à 2,39 mm/hre. Cependant, ce sont les intensités supérieures à 2,39 mm/hre qui contribuent le plus à la hauteur d'eau de juin à septembre. Les épisodes pluvieux de durée inférieure à trois heures tiennent compte de 70 pour cent des occurrences de précipitation et contribuent pour 33,5 pour cent de la hauteur d'eau recueillie en été.

Plusieurs caractéristiques utiles pour décrire un hyétogramme type lors du développement de modèles de simulation ont été analysées pour des épisodes pluvieux primaires ainsi que pour des épisodes incluant de courtes périodes sèches. Ces caractéristiques sont l'intensité moyenne, l'intensité de pointe et le temps de montée.

Pour les deux types d'épisodes, l'intensité moyenne et l'intensité de pointe montrent un accroissement au cours des mois d'été, tandis que le temps de montée demeure invariant. De plus, les différences d'un type à l'autre sont peu significatives.

1. INTRODUCTION

Les données météorologiques, telles que les hauteurs de précipitation et les températures, sont essentielles aux études hydrologiques. L'information contenue dans ces données est considérable, cependant leur volume en rend difficile la manipulation et l'utilisation. Il importe donc, pour les besoins de nombreuses applications, d'en faire une synthèse tout en conservant à l'information ses caractères principaux.

Diverses formes de représentation réduite de données existent; elles peuvent etre regroupées en trois grandes catégories, les cartes ou les atlas, les graphiques d'évolution et les modèles. De nombreux auteurs ont utilisé l'une ou l'autre de ces représentations pour la précipitation afin de présenter les résultats de leur recherche.

Beaudoin (1980) et Beaudoin et Rousselle (1982) ont étudié la répartition spatio-temporelle de la précipitation journalière dans la région de Montréal. S'intéressant aux extremes de précipitation, Ferland et Gagnon (1974a), et Beaudoin et Rousselle (1981) ont publié respectivement un atlas et des courbes de hauteur, de durée et de frequence des pluies au Québec méridional, ainsi que des courbes mensuelles d'intensité, de durée et de fréquence des pluies à Montréal. De son côté, Proulx (1984) a tracé des isohyètes à partir de l'analyse de la circulation atmosphérique sur le Québec méridional, tandis que Serveau (1978) les a produits pour la région de Montréal à partir des données mensuelles et annuelles de précipitation.

Boucher (1985) a examiné les fréquences de pluie horaire et la répartition des contributions mensuelles à quelques stations pluviographiques représentatives du Québec méridional. En plus des cartes de fréquence moyenne et du taux moyen horaire des précipitations, l'auteur a présenté des graphiques de répartition horaire du nombre moyen d'occurrences de précipitation mesurable à ces stations.

Nguyen (1979) a développé, pour la région de Montréal, un modèle stochastique qui fait intervenir les probabilités des séquences pluvieuses déterminées par les chaînes de Markov d'ordres 1 et 2.

D'un point de vue, les deux premières catégories de représentations constituent un accroissement des connaissances en hydrologie mais par ailleurs, elles ne font qu'améliorer l'accessibilité aux informations, qui sont utiles au développement de modèles et à d'autres recherches. Quoiqu'il en soit, elles permettent toutes à caractériser l'hydrologie d'une région à l'étude et d'orienter les recherches vers une gestion efficace de la ressource vitale, l'eau, dont la principale source dans le cycle hydrologique est la précipitation.

Le présent rapport comporte trois principaux objectifs:

a) extraire des informations de base à partir des enregistrements pluviographiques par l'évaluation des principales caractéristiques de la précipitation horaire;

b) constituer des outils de modélisation de la précipitation par l'évaluation des parametres utiles à la construction d'épisodes pluvieux synthétiques;

c) contribuer aux études du comportement hydrologique des petits bassins versants.

À ces fins, nous utilisons les données de précipitation horaire pour analyser l'évolution de l'intensité moyenne, de l'intensité maximale moyenne, de la hauteur d'eau moyenne et du nombre moyen d'heures de précipitation de façon mensuelle au cours de la période de mesure disponible, soit de mai à octobre. Les séries pluviographiques sont ensuite décomposées en plusieurs catégories d'intensité afin d'étudier leurs fréquences d'occurrence ainsi que leurs contributions à la hauteur d'eau.

Une analyse en deux parties est effectuée sur les épisodes pluvieux de diverses durées, aussi regroupées en plusieurs classes. La première partie englobe l'analyse par durée pour des épisodes pluvieux primaires et la deuxième comprend la même analyse mais, cette fois sur des épisodes pluvieux comportant des périodes sèches de durée maximale de deux heures. Par la suite, nous examinons sur une base mensuelle, la fréquence d'occurrence et la contribution à la hauteur d'eau de ces différents épisodes pluvieux, mettant en évidence la saison d'été qui, pour les besoins de cette étude, est formée des mois de juin à aout.

De plus, afin d'atteindre le deuxième objectif et mettre de côté les techniques usuelles de modélisation de la persistance à l'aide de la chaine de Markov, quatre caractéristiques d'un hyétogramme sont identifiées et reconnues suffisantes pour décrire un hyétogramme synthétique. Ces caractéristiques regroupent l'intensité moyenne, c'est-à-dire la hauteur d'eau moyenne par heure de l'épisode pluvieux, l'intensité de pointe, le temps de montée et la durée de l'épisode. Elles sont évaluées pour les diverses classes de durée établies et leurs évolutions sont suivies au cours des mois de mai à octobre.

2. DÉFINITIONS

Les définitions suivantes servent à exposer la terminologie utilisée dans ce rapport.

2.1 Épisode pluvieux

Un épisode pluvieux est défini comme une séquence de D heures au cours de laquelle il a plu, débutant et se terminant par une heure humide et interrompue ou non par une ou plusieurs périodes sèches de durée variable de D_s heures.

Cette définition revêt cependant un caractère arbitraire qui dépend du nombre de périodes de pluie considérées résultant de la même perturbation atmosphérique. En hiver, les systèmes atmosphériques sont généralement bien établis; ils se déplacent rapidement et sont distincts les uns des autres. En raison des dimensions de ces systèmes synoptiques, ces derniers peuvent rarement passer à une fréquence supérieure à un par six heures au-dessus d'un site donné (Thorp et Scott, 1982). Par contre, les systèmes météorologiques d'été sont généralement de nature convective, mal définis et de courte durée.

Au cours d'une même perturbation atmosphérique, il peut se produire des périodes d'une ou de plusieurs heures sans précipitation. Alors qu'en fait, à chaque épisode pluvieux correspond un système atmosphérique produisant une séquence d'heures humides et sèches, ceci n'est guère évident à partir des séries pluviographiques. En effet, on ne saurait y prélever les épisodes pluvieux de façon exacte. Ainsi, il devient utile de définir pour chaque saison le nombre d'heures sèches maximal D_{sm}, qui détermine la limite de l'appartenance des périodes pluvieuses au même système atmosphérique. En d'autres termes, toute période sèche observée sur un enregistrement de durée (fixée pour chaque saison) supérieure à D_{sm} heures 'sépare' automatiquement deux séquences pluvieuses en deux épisodes pluvieux.

Certains auteurs utilisent une durée sèche maximale de six heures en hiver et de trois heures en été (Thorp et Scott, 1982).

La figure 2.1 représente schématiquement un épisode pluvieux tel que défini précédemment.

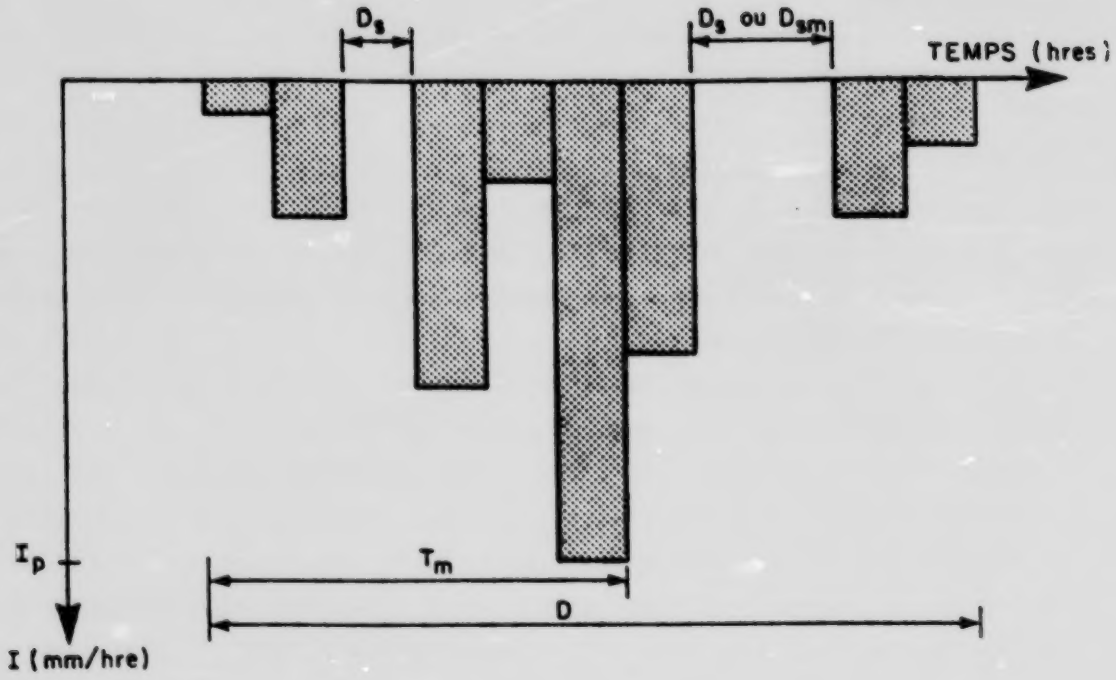

Figure 2.1 SCHÉMA D'UN ÉPISODE PLUVIEUX

2.2 Épisode pluvieux primaire ou élémentaire

Un épisode pluvieux est dit primaire ou élémentaire s'il constitue uniquement une séquence continue d'heures pluvieuses, de sorte qu'il représente un cas particulier de la définition précédente, c'est-à-dire avec la valeur de D_{sm} égale à zero. La figure 2.2 est une représentation schématique de cette definition. Exprimer la précipitation de cette façon constitue l'approche la plus simple car on évite l'utilisation d'information supplémentaire concernant les conditions des systèmes atmosphériques (par exemple, les systèmes synoptiques).

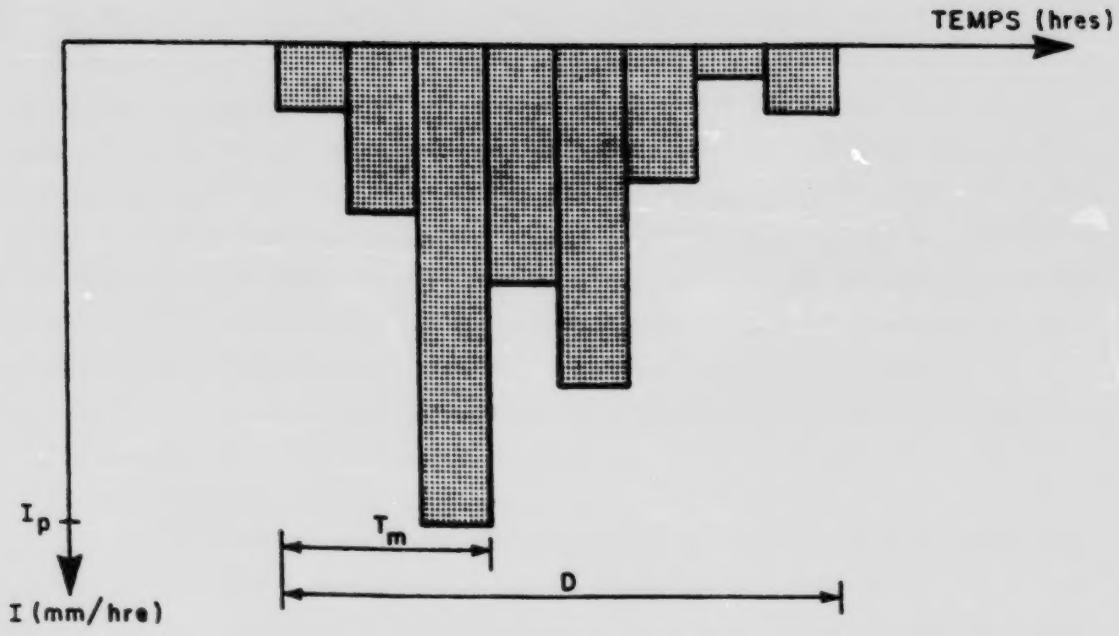

Figure 2.2 SCHÉMA D'UN ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE OU D'UN ÉVÉNEMENT PLUVIEUX

Une telle approche a été utilisée entre autres par Brown et al. (1983) à Salem dans l'état de l'Oregon et par Boucher (1985) au Québec méridional.

2.3 Événement humide et événement sec

Toute séquence continue d'une ou de plusieurs heures humides relevée sur une série pluviographique correspond à un événement humide. Cette notion, quoiqu'elle rejoigne celle de l'épisode pluvieux primaire ou élémentaire, est bien distincte dans la définition générale de l'épisode pluvieux. Les périodes sèches, D_s de durée inférieure ou égale à D_{sm} heures, dites événements secs courts, qu'on admet faire partie d'une même perturbation atmosphérique, entrecoupent l'épisode pluvieux associé en plusieurs périodes humides continues qu'on appelle événements humides. Les événements secs longs, séquences d'heures sèches séparant généralement les systèmes atmosphériques, ne sont pas traités dans cette étude.

2.4 Principales caractéristiques d'un hyétogramme

2.4.1 Durée d'un épisode pluvieux, D

Dépendant du choix de la définition de l'épisode pluvieux et de la durée maximale des périodes sèches choisie, la durée d'un épisode pluvieux est un paramètre variable arbitraire. C'est le temps en heures, noté D sur la figure 2.1, écoulé entre la première et la dernière heure humide marquant le début et la fin d'un épisode pluvieux.

2.4.2 Intensité de pointe, I_p

Analogue à la pointe de débit en hydrométrie, l'intensité de pointe en pluviométrie est définie comme l'intensité maximale atteinte au cours d'un épisode pluvieux ou la pointe d'un hyétogramme. Elle est représentée par le symbole I_p sur les figures 2.1 et 2.2.

2.4.3 Temps de montée, T_m

On appelle temps de montée, T_m, le nombre d'heures écoulées entre le début et l'intensité de pointe d'un épisode pluvieux tel qu'indiqué aux figures 2.1 et 2.2. Tout comme pour la durée d'un épisode pluvieux, ce temps dépend dans une certaine mesure des définitions utilisées. En général, la durée des événements secs courts antérieurs à l'intensité de pointe est aussi comprise dans le temps de montée.

2.4.4 Hauteur de la précipitation, h

La hauteur de la précipitation ou le volume h est la somme des quantités horaires de pluie tombée enregistrées durant un épisode pluvieux. Il est facile de voir que ce paramètre est aussi influencé par les définitions de départ et qu'il peut être déterminé en calculant l'aire sous l'hyétogramme de l'épisode pluvieux.

3. RÉGION CONSIDÉRÉE : CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES ET CLIMATOLOGIQUES

La région étudiée est celle des Bois-Francs et de l'Estrie au Québec méridional. Elle est délimitée au nord par le fleuve Saint-Laurent et au sud par la frontière Canado-américaine. Les rivières Richelieu et Chaudière représentent ses limites à l'ouest et à l'est respectivement. Cette région couvre une superficie totale d'environ 35 000 km^2. La figure 3.1 présente la carte du territoire à l'étude ainsi que la localisation des stations météorologiques retenues.

Trois zones physiographiques distinctes composent cette région: les basses-terres du Saint-Laurent, le bas plateau appalachien et le haut plateau appalachien.

Les basses-terres du Saint-Laurent ont une faible altitude moyenne d'environ 33 mètres. Le haut plateau appalachien est la zone aux plus hautes altitudes de la région et il s'incline d'une altitude d'environ 550 à 580 mètres au sud-est jusqu'à 300 à 365 mètres au nord-ouest avec des montagnes frontalières atteignant 1100 mètres. Le bas plateau appalachien constitue la zone centrale de transition entre les deux zones précédentes et son altitude varie de 20 à 460 mètres (Tessier, 1983).

Selon Hufty (1976), la région jouit d'un climat tempéré continental. Les caractéristiques de ce climat sont décrites en détail par Ferland et Gagnon (1974b), Boucher (1985) expose celles des précipitations horaires, et Proulx (1984) présente la circulation atmosphérique au-dessus du Québec méridional.

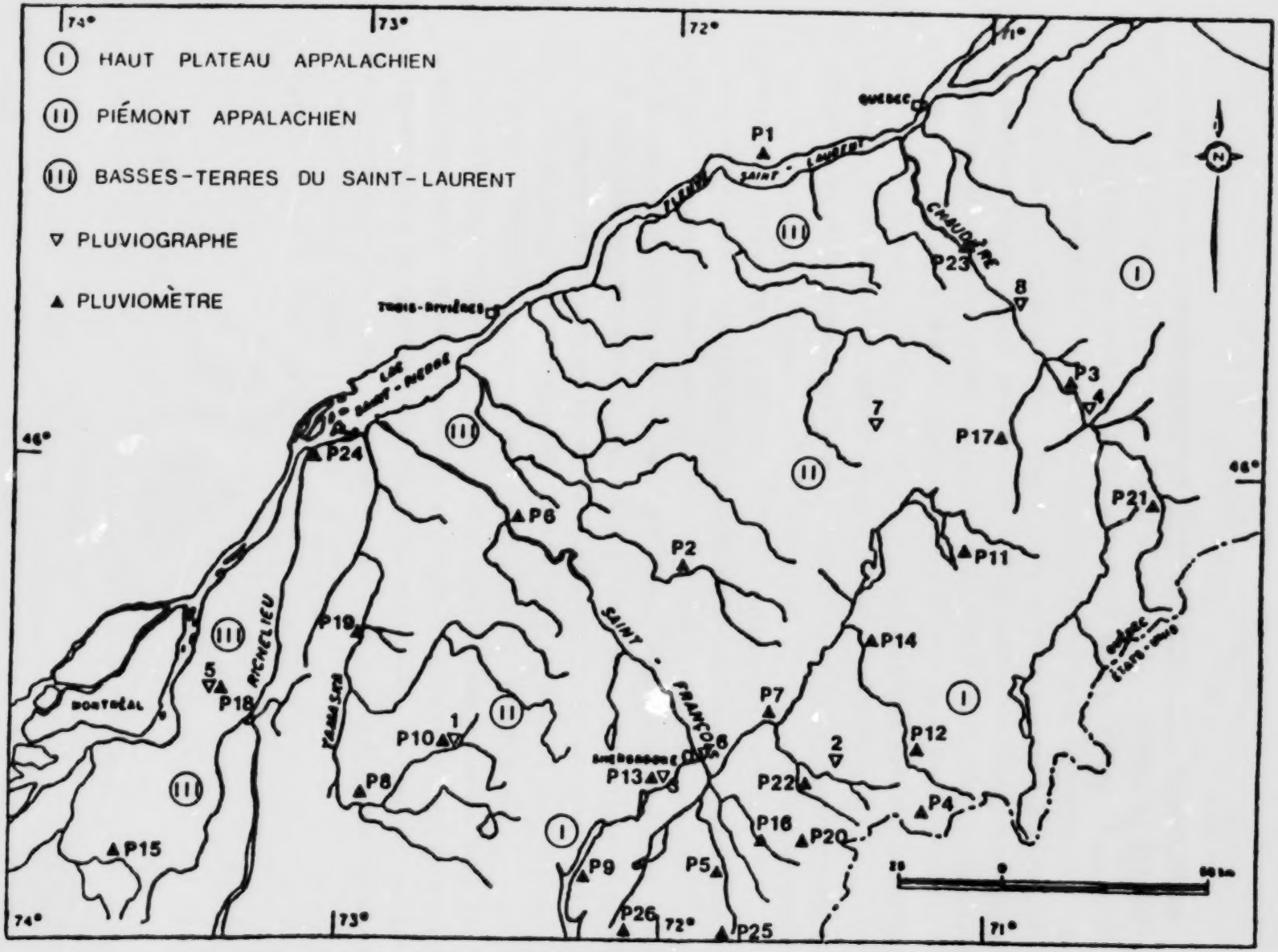

FIGURE (3.1) - Localisation des huit (8) stations pluviographiques et des vingt-six (26) stations pluviométriques

4. ÉTUDES ANTÉRIEURES SUR LA RÉGION

Plusieurs travaux ont été entrepris sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie en vue d'expliquer et de comprendre le comportement hydrologique des petits bassins versants. Nous n'en citons que quelques-uns afin de montrer leur diversité.

Tessier (1983) a répertorié des variables physiographiques et a identifié celles qui décrivent le mieux le comportement des petits bassins versants. Utilisant ces principaux descripteurs, l'auteur a élaboré un modèle mathématique déterministe pour estimer le rapport de pointe entre le débit instantané maximal observé lors d'une crue pluviale et le débit journalier correspondant. Une étude similaire a été menée par Hoang (1984).

L'étude de la répartition spatio-temporelle de la précipitation a été entreprise par Siew-Yan-Yu (1985). Ce dernier a identifié une régionalisation de la précipitation journalière au cours des quatre saisons de l'année. Les patrons de répartition ont été principalement reliés au relief et à la circulation des masses d'air au-dessus de notre région.

Balthazar (1985) a développé des relations mathématiques faisant intervenir à la fois les caractéristiques de la précipitation, les caractéristiques usuelles d'un hydrogramme de crue et les caractéristiques physiographiques.

L'analyse de la fréquence des débits de crue en période d'eau libre a été conduite par Desjardins (1984) au moyen du modèle stochastique des excédances. L'auteur présente des modèles régionaux pour diverses périodes de récurrence : 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans.

5. ENREGISTREMENT DE LA PRÉCIPITATION HORAIRE

5.1 Données horaires disponibles

Les données de précipitation horaire nous ont été fournies sur bande magnétique par la Direction de la météorologie du ministère de l'Environnement du Québec. Cet enregistrement contient des observations faites dans la région des Bois-Francs et de l'Estrie à une trentaine de stations météorologiques, depuis leur mise en place jusqu'en 1980. La période de fonctionnement de ces stations varie d'un à 21 ans. En outre, à chaque station, la période de prise de mesure ne couvre pas toute l'année; elle est variable au cours de chaque année. Pour la plupart de ces stations, cette période commence en avril pour se terminer en octobre. Au cours des mois de transition cernant la saison d'hiver, certaines mesures de précipitation neigeuse ou verglaçante apparaissent sur l'enregistrement. Les mesures de pluie tombée, de neige et de verglas ou l'équivalent en eau de ces deux derniers sont en centième de pouce et la conversion au système métrique, soit en dixième de millimètre, a été appliquée pour la majorité des stations à compter de 1978, sauf pour Sherbrooke où la conversion a été faite en août 1977.

5.2 Données horaires utilisées

Afin de pouvoir comparer les résultats des diverses analyses sur des données de précipitation, il est souhaitable d'effectuer ces analyses en considérant les mêmes stations et en respectant la concomitance des périodes d'observation. Or, l'enregistrement disponible nous oblige à faire certains compromis qui, pour les statistiques de la précipitation horaire, auront peu d'influence sur la qualité des résultats.

Les critères suivants nous feront converger vers le choix des stations et de la période d'étude :

i) Comme nous nous proposons d'étudier sur une base mensuelle les fréquences d'occurrence d'intensité et de durée, et les variations du temps de montée et de l'intensité de pointe moyenne, le choix des stations doit d'abord être fait de façon à bien représenter la région à l'étude, soit celle des Bois-Francs et de l'Estrie. Dans cette région, les stations

peuvent être réparties en trois groupes selon le relief et selon les caractéristiques physiographiques. Le premier regroupement est déterminé par les trois zones physiographiques relevées directement de la carte topographique qui comprend les stations des basses-terres du Saint-Laurent, du piémont appalachien et du haut plateau appalachien. La deuxième façon est basée sur les résultats des analyses statistiques des caractéristiques physiographiques de petits bassins versants entreprises par Tessier (1983). En effet, ce dernier a pu délimiter trois sous-régions où les bassins versants se distinguent par leur composante physiograqhique "RELIEF". Globalement, les deux délimitations sont relativement semblables, faisant ressortir les trois zones mentionnées précédemment.

ii) Plus les séries d'observation sont longues, plus elles permettent d'obtenir des résultats significatifs et des paramètres statistiques stables. À cet effet, bon nombre d'études sur les précipitations horaires ont été basées sur au moins dix ans d'observation (Huff, 1971; Hiser, 1956; Lund et Grantham, 1977). Toutefois, une longueur de séries pluviographiques de seulement trois années d'observation a déjà été utilisée au nord-est des États-Unis par Thorp et Scott (1982).

iii) Le caractère cyclique de la précipitation où alternent les périodes sèches et humides a été démontré par divers auteurs dont Serveau (1978) dans la région de Montréal et Boutin (1983) au Québec méridional. Ainsi, il est préférable que la période de temps sur laquelle porte l'étude soit la même ou, tout au moins, couvre en majeure partie une période commune.

iv) La variabilité des hauteurs horaires de précipitation ne permet pas une étude d'homogénéité. Nous croyons que les causes pouvant affecter cette propriété des données ont des répercussions suffisamment faibles sur les mesures horaires pour que la comparaison des régimes pluviométriques des sous-régions demeure possible.

v) Les séries de précipitation, qu'elles soient horaires, journalières, mensuelles ou annuelles, sont rarement complètes. Nous sommes toujours confrontés au problème des données manquantes. En ce qui concerne les données horaires, nous considérons qu'un mois ayant plus de dix pour cent de données manquantes n'est pas représentatif du mois: il est

donc rejeté.

Le premier critère facilite beaucoup notre sélection de stations. En effet, comme on a souvent démontré l'importance du rôle du relief et de la topographie sur la précipitation (Beaudoin, 1980; Passarelli et Boehme, 1983; Goulter, 1984) et comme notre but premier est de caractériser ce phénomène sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie, il est normal de choisir les plus longues séries de chacune de ces trois principales zones physiographiques tout en satisfaisant la carte topographique et la délimitation de Tessier (1983).

Nous avons choisi huit stations. Elles sont identifiées, avec leurs caractéristiques au tableau 5.1 et localisées à la figure 3.1. Pour l'enregistrement se terminant en 1980, la période d'étude varie de dix à vingt ans de station en station regroupant des séries d'observations concomitantes d'au moins dix ans.

Les pluviographes n'enregistrent convenablement la précipitation que durant la periode sans neige, soit de mai à septembre. Or, comme la période de la prise de mesure se termine à la fin d'octobre pour la plupart des stations climatologiques retenues, nous avons décidé de traiter les données du mois d'octobre.

5.3 Données horaires manquantes

Deux facteurs influencent la longueur des séries utilisées : le nombre d'années d'enregistrement à la station et le nombre de mois de l'année ayant plus de 10 pour cent de données manquantes. Dépendant de la station et du mois étudié, le nombre de données possibles variera, de meme que le nombre de données disponibles et sa contrepartie manquante. Par conséquent, il est difficile de se fixer une base commune sur laquelle reposeront les statistiques des données manquantes. Il est toutefois possible de calculer soit les pourcentages mensuels de données manquantes par rapport au nombre de données possibles avec comme éléments de base, le mois étudié, la station, le nombre de mois représentatifs et le nombre de données manquantes au cours de la période des mois valides, ou encore les pourcentages sur toute la période de mesure de mai à octobre connaissant le nombre de mois représentatifs et des données manquantes de chaque mois à

TABLEAU (5.1) - Caractéristiques des stations pluviographiques étudiées

STATION	NUMÉRO	CODE	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	ANNÉE D'ENREGISTREMENT 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
GRANBY	7022800	1	45°23'	72°42'	168 m	- -
ISLAND-BROOK	7023312	2	45°23'	71°28'	346 m	- -
LENNOXVILLE-CDA	7024280	3	45°22'	71°51'	152 m	- -
SAINT-GEORGES	7027283	4	46°09'	70°42'	168 m	- -
SAINT-HUBERT.A	7027320	5	45°31'	73°25'	31 m	- -
SHERBROOKE	7028124	6	45°26'	71°41'	238 m	- -
THETFORD-MINES	7028441	7	46°06'	71°22'	427 m	- -
VALLÉE-JONCTION	7028676	8	46°23'	70°56'	152 m	- -

chaque station. Les deux types de pourcentage ont été calculés et sont cités trouvent au tableau 5.2.

Globalement, les pourcentages mensuels des données manquantes sont inférieurs à 3. Par exemple, à la station Lennoxville-CDA, 18 mois de septembre sont traités, ce qui produit un total de 12 960 données horaires possibles. Or, sur ces 18 mois, 216 données sont manquantes. Le pourcentage manquant est donc égal à 1,67. Avec la période de mesure comme période de référence, le pourcentage de données manquantes ne dépassent pas 1,70 aux stations choisies. Comme précédemment, prenant la station Lennoxville-CDA comme exemple, les données couvrent 113 mois, et elles sont réparties tel qu'indiqué aux tableaux 5.2 et (A.3). Le nombre de données possibles est de 83 160 et comme 980 données sont manquantes, on obtient un pourcentage de données manquantes de 1,18 pour cent.

Les tableaux 5.1 et 5.2 résument la situation concernant les données manquantes et traitées. De plus, l'appendice A regroupe les données manquantes pour chaque mois des années disponibles aux huit stations pluviographiques choisies.

La forte variabilité des quantités ou hauteurs de précipitation mesurées sur une échelle de temps aussi petite qu'une heure, ne permet pas l'estimation de données manquantes par des méthodes simples telles que les régressions. Néanmoins, dans le cadre de cette étude, omettre l'estimation de ces données peut être justifié :

i) les mois non représentatifs ayant été retranchés, la longueur des séries pluviographiques résultante est encore d'une durée équivalente à au moins dix années aux stations choisies;

ii) pour chacun des mois traités et à chacune des huit stations, le pourcentage mensuel de données manquantes est inférieur à trois pour cent (sauf pour le mois de mai à la station Vallée-Jonction où il atteint 3,01 pour cent) avec une moyenne de 1,33 pour cent.

TABLEAU (5.2) - Nombre de mois traités et pourcentages des données manquantes

STATION	NUMERO	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	PÉRIODE
		120 | 8 184	168 | 7 920	132 | 8 184	120 | 7 440	108 | 8 640	144 | 8 184	792 |48 552
GRANBY	7022800	11 | 1,466	11 | 2,121	11 | 1,613	10 | 1,613	12 | 1,250	11 | 1,760	66 | 1,631
		163 |10 416	122 | 8 640	49 |10 416	221 | 9 672	230 | 9 672	132 | 8 640	917 |57 456
ISLAND-BROOK	7023312	14 | 1,565	12 | 1,412	14 | 0,470	13 | 2,285	13 | 2,378	12 | 1,528	78 | 1,596
		180 |14 880	56 |14 400	240 |14 136	120 |14 136	216 |12 960	168 |12 648	980 |83 160
LENNOXVILLE-CDA	7024280	20 | 1,210	20 | 0,389	19 | 1,698	19 | 0,849	18 | 1,667	17 | 1,328	113 | 1,178
		96 | 8 928	0 | 7 920	96 | 9 672	240 |11 160	53 |10 080	144 | 8 184	629 |55 944
ST-GEORGES	7027283	12 | 1,075	11 | 0,000	13 | 0,993	15 | 2,151	14 | 0,526	11 | 1,760	76 | 1,124
		76 | 8 928	122 |10 080	159 |10 416	259 |11 160	162 |10 800	168 |11 160	946 |62 544
ST-HUBERT.A	7027320	12 | 0,651	14 | 1,210	14 | 1,526	15 | 2,321	15 | 1,500	15 | 1,505	85 | 1,513
		71 |13 392	91 |13 680	96 |13 392	144 |13 392	96 |13 680	48 |14 136	546 |81 672
SHERBROOKE	7028124	18 | 0,530	19 | 0,665	18 | 0,717	18 | 1,075	19 | 0,702	19 | 0,340	111 | 0,669
		153 | 9 672	96 | 7 200	81 | 8 928	96 | 9 672	192 |10 080	68 | 8 184	686 |53 736
THETFORD-MINES	7028441	13 | 1,582	10 | 1,333	12 | 0,907	13 | 0,993	14 | 1,905	11 | 0,831	73 | 1,277
		224 | 7 440	152 | 7 200	112 | 8 928	168 |10 416	48 | 8 640	162 | 9 672	866 |52 296
VALLÉE-JONCTION	7028676	10 | 3,011	10 | 2,111	12 | 1,254	14 | 1,613	12 | 0,556	13 | 1,675	71 | 1,656

A | B
C | D

A : NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES B : NOMBRE DE DONNÉES DISPONIBLES

C : NOMBRE DE MOIS DISPONIBLES D : POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

6. CARACTÉRISTIQUES DE LA PRÉCIPITATION HORAIRE

Nous nous proposons dans cette section d'analyser mensuellement l'intensité moyenne, l'intensité maximale moyenne, la hauteur d'eau moyenne et le nombre moyen d'heures de précipitation aux différentes stations choisies. Cette analyse peut se faire simplement en observant l'espacement relatif des points représentant ces caractéristiques et l'écart entre les points extrêmes sur les figures 6.1 à 6.4 et ce, pour les huit stations pluviographiques choisies.

6.1 Intensité moyenne

Pour un mois donné, l'intensité moyenne de la précipitation à une station a été calculée en divisant la somme de toutes les quantités horaires de précipitation mesurées au cours des mois retenus, par le nombre total d'heures de précipitation mesurable pour ces mois à la même station.

D'un mois à l'autre de la période de mesure, l'écart entre les points extrêmes d'intensité moyenne augmente graduellement de mai à août pour ensuite diminuer plus rapidement jusqu'en octobre. L'écart maximal survient au mois d'août et atteint son minimum en octobre. Ces observations se traduisent par l'occurrence des précipitations d'origine synoptique encore persistante et dominante aux mois des saisons de transition, soit mai, septembre et octobre. Comme aux systèmes synoptiques sont associées de faibles intensités et une répartition sensiblement uniforme, les intensités moyennes de mai et d'octobre sont effectivement faibles (1,05 à 1,30 mm/hre et 1,02 à 1,14 mm/hre respectivement) et peu différentes ou espacées.

Au cours des mois d'été, les systèmes atmosphériques de forte dimension sont plus rares laissant la place aux systèmes convectifs qui produisent des précipitations de forte intensité et généralement plus locales. Cependant, l'espacement relatif entre les intensités moyennes, montré sur la figure 6.1, progressivement plus prononcé au cours de l'été, atteignant un maximum en août et s'amenuisant vers un minimum en octobre, indique de plus une distribution moins uniforme de cette caractéristique.

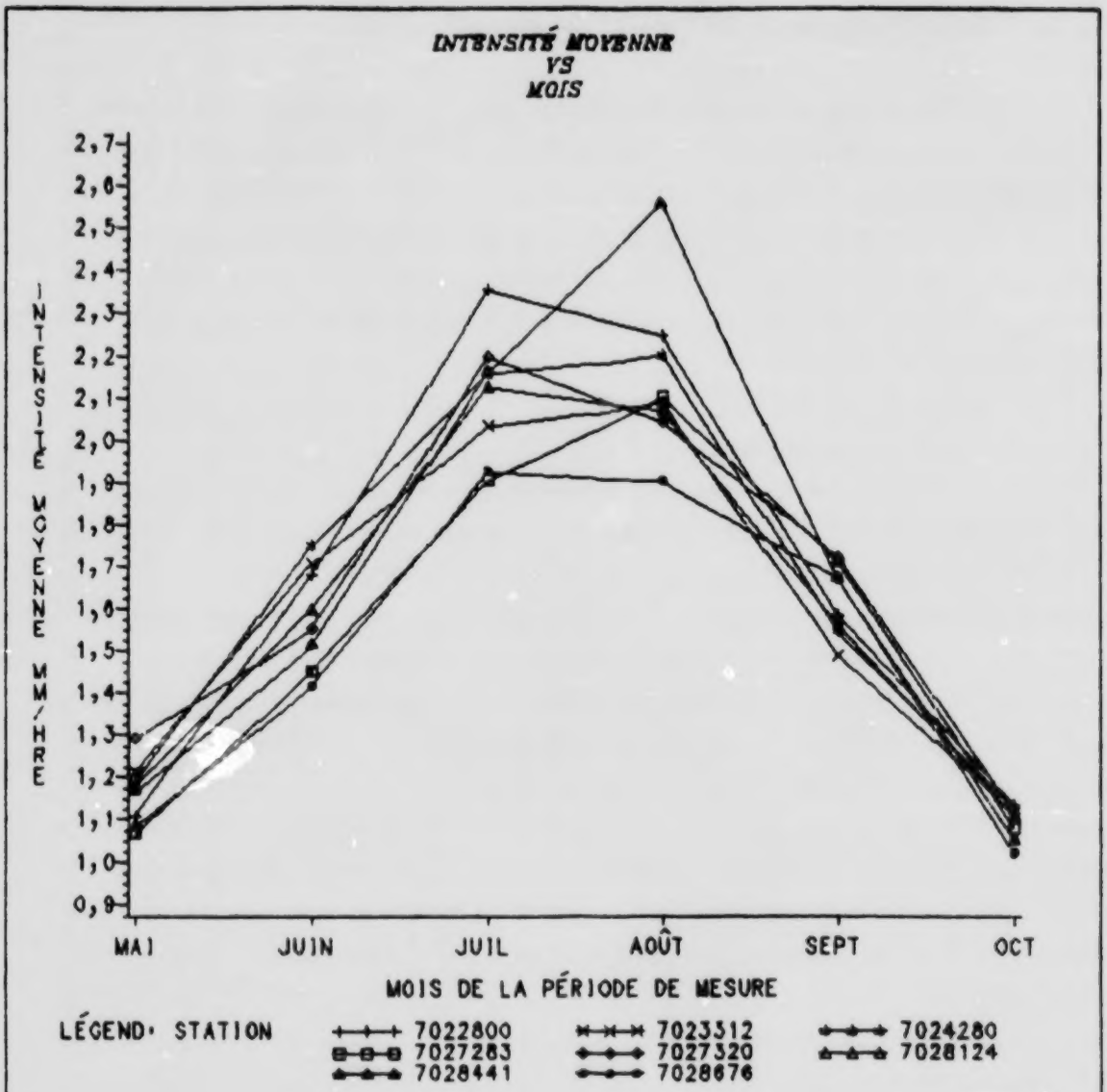

FIGURE (6.1) – ÉVOLUTION DE L'INTENSITÉ MOYENNE DE MAI À OCTOBRE

L'explication de ce phénomène repose principalement sur le réchauffement diurne plus ou moins important d'un endroit à un autre. En effet, pendant l'été, le réchauffement diurne, plus important pour les basses couches de l'atmosphère, favorise à l'intérieur des masses d'air, des mouvements verticaux qui sont à l'origine des précipitations dites convectives. En outre, à contenu d'humidité égal dans la masse d'air, plus ces mouvements convectifs sont vigoureux, plus l'intensité des précipitations est forte. En d'autres termes, pour chaque station et sa région environnante, des facteurs tels que l'ensoleillement, le vent, le couvert de surface, etc., vont à divers degrés influencer les gradients de température et de densité, qui eux agissent sur la vigueur des mouvements convectifs, donc sur l'intensité des précipitations. Cette influence est malheureusement impondérable d'autant plus que les différences d'intensité entre les stations sont à peine supérieures à la précision de mesure du pluviographe (0,25 mm avant 1978).

La station Thetford-Mines enregistre la plus forte intensité moyenne avec 2,56 mm/hre au mois d'août et le taux horaire moyen à la station Granby n'est supérieur qu'aux stations restantes atteignant 2,36 mm/hre en juillet et 2,25 mm/hre en août. Par contre, la station Vallée-Jonction n'attire que la précipitation d'intensité relativement faible sur toute la période de mai à octobre, intensité qui est de l'ordre de 1,42 mm/hre en juin et de 1,91 mm/hre en août.

6.2 Intensité maximale moyenne

À chaque mois retenu à des fins d'analyse sur la période d'enregistrement disponible correspond une intensité maximale du mois. L'intensité maximale moyenne d'un mois de l'année étudié est alors définie comme étant la moyenne de l'échantillon des intensités maximales dont chaque valeur est prélevée à partir des séries retenues pour le mois. La taille de l'échantillon est ainsi égale au nombre de mois retenus de l'enregistrement pluviographique disponible pour le mois étudié, nombre qui peut diminuer jusqu'à dix mois dans notre cas.

Par rapport à la taille de l'échantillon des intensités de précipitation du mois, celle de l'échantillon des intensités maximales est

fortement réduite. Malgré ceci, les tendances des valeurs de l'intensité maximale, représentées à la figure 6.2, sont semblables à celles des intensités moyennes mais, sur une plus grande échelle.

L'importance des facteurs mentionnés précédemment sur la variabilité des intensités d'une station à l'autre semble plus évidente avec les maxima. Cependant, il serait peu prudent de négliger le fait que les paramètres statistiques sont d'autant plus instables que l'échantillon est petit. Néanmoins, il est toujours possible de voir globalement que la station Thetford-Mines jouit de précipitations d'intensité maximale nettement supérieure à celle des autres stations, soit de 23,02 mm/hre en août.

La station Vallée-Jonction, qui est pourtant située dans la zone du piémont appalachien comme Thetford-Mines, apparait une fois de plus comme un cas particulier en recevant des intensités maximales relativement faibles. Les positions relatives des autres stations selon cette caractéristique sont représentées à la figure 6.2.

6.3 Hauteur d'eau moyenne

La quantité de pluie tombée sur une région est souvent exprimée par une hauteur ou une épaisseur d'eau recueillie sur une période donnée. Dans le cadre de cette étude, elle correspond à une accumulation moyenne de quantités horaires mesurées durant chaque mois.

La compilation de cette caractéristique permet de voir une nette préférence géographique au niveau de la région couverte par la station Thetford-Mines. La hauteur moyenne en aout à cet endroit atteint 153,1 mm qui est 1.74 fois celle recueillie à Saint-Hubert.A (88,0 mm). voir la figure 6.3. D'ailleurs, cette dernière station présente un ensemble de valeurs le plus faible de toutes les stations à l'étude. Son maximum survient en septembre et atteint seulement 97,4 mm d'eau.

Les écarts des accumulations moyennes sont les plus faibles en octobre, les valeurs extremes 84,0 mm et 71,7 mm appartiennent respectivement à Thetford-Mines et a Vallee-Jonction.

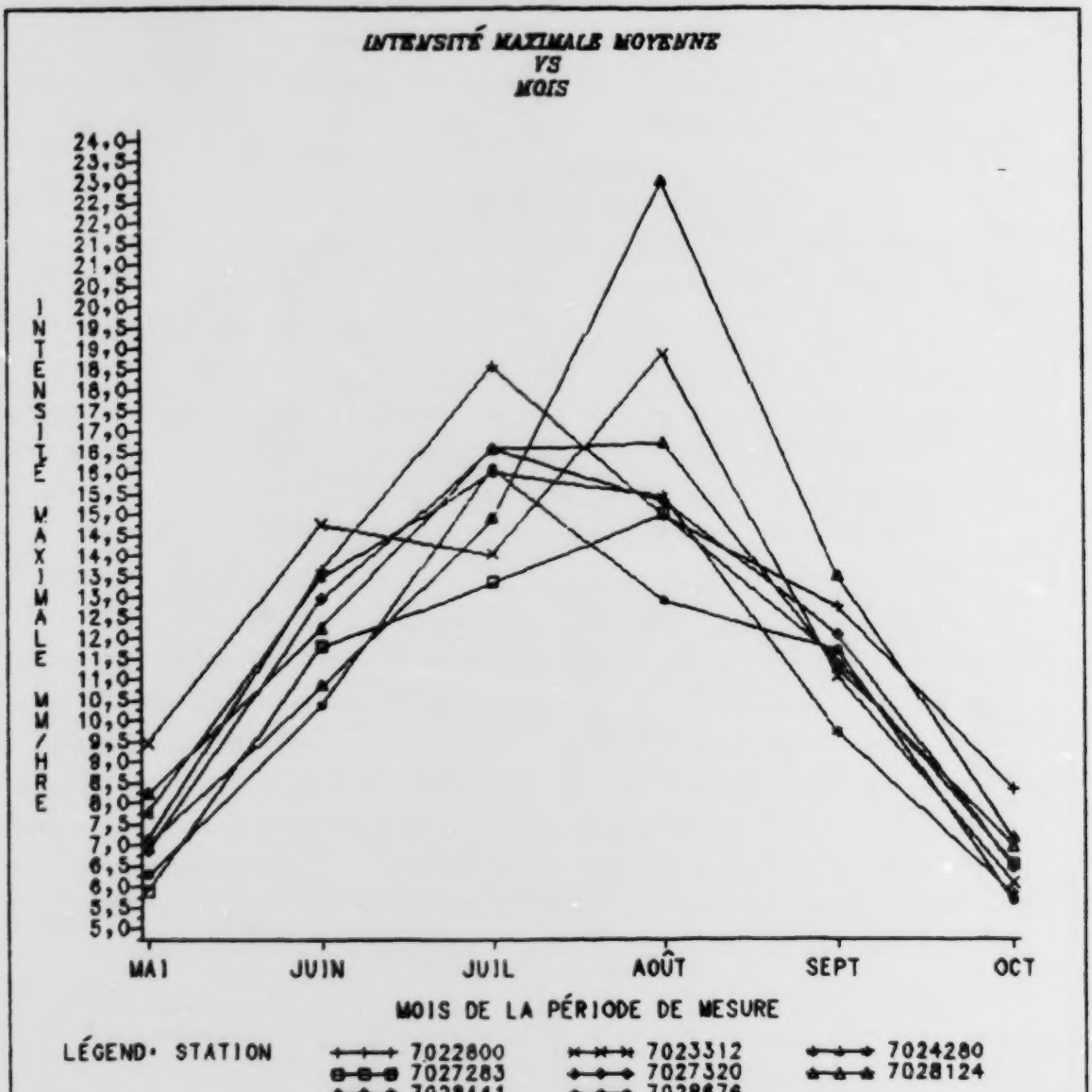

FIGURE (6.2) – ÉVOLUTION DE L'INTENSITÉ MAXIMALE MOYENNE DE MAI À OCTOBRE

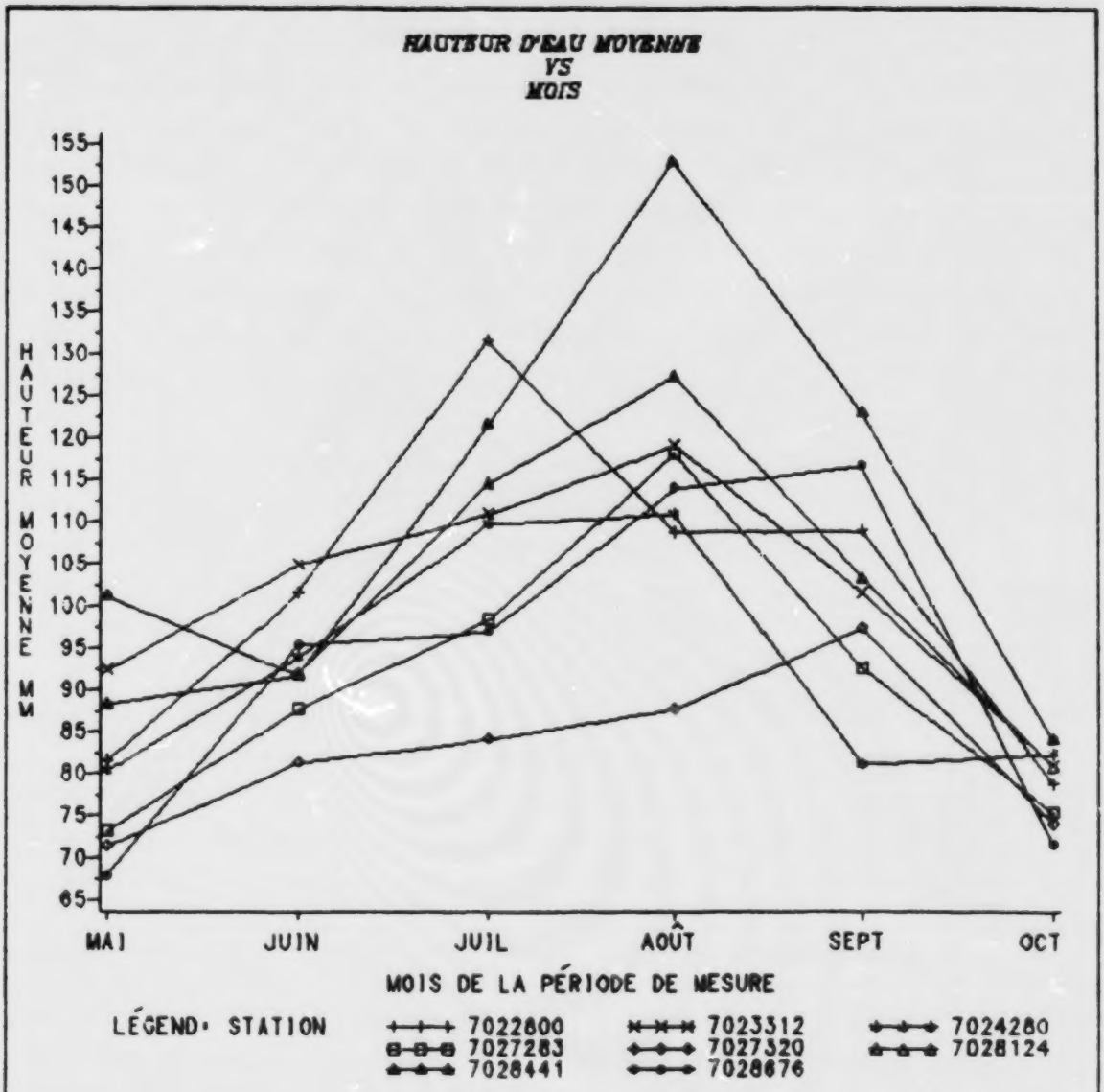

FIGURE (6.3) – ÉVOLUTION DE LA HAUTEUR D'EAU MOYENNE DE MAI À OCTOBRE

6.4 Nombre moyen d'heures de précipitation

Alors que Beaudoin (1980) n'a pas décelé de relation entre l'altitude et la fréquence de précipitation à l'échelle journalière, il en existe une à l'échelle horaire. Les régions à haute altitude sont en fait plus fréquemment arrosées que celles à faible altitude à l'échelle horaire. En effet, la station Thetford-Mines située à haute altitude (427 m) et Saint-Hubert.A à l'opposé, à faible altitude (31 m) montrent avec les autres stations choisies, trois régimes pluviométriques différents en terme du nombre d'heures pluvieuses.

Pour Thetford-Mines où les heures de précipitation sont plus fréquentes, le maximum se produit en mai où il s'évalue à environ 86 heures en moyenne. De son côté, Saint-Hubert.A est sujet à bien moins d'heures pluvieuses et parvient à un maximum de 65 heures en octobre, tandis que les six autres stations sont relativement comparables selon cette caractéristique (figure 6.4).

Les stations Sherbrooke et Lennoxville-CDA constituent toutefois un cas intéressant en raison de leur proximité. La distance séparant ces deux stations est inférieure à cinq kilomètres de sorte qu'on pourrait non seulement leur attribuer, a priori, la meme région couverte mais aussi, s'attendre à une pluviométrie très semblable au cours de la même période de mesure. Or, les résultats sont surprenants car on constate une différence appréciable, culminant en septembre avec 13,26 heures, sur les cinq premiers mois de la période. La position sur le caractère local des systèmes convectifs augmentant leur fréquence en été ne fait que s'affermir.

De plus, la station Sherbrooke, plus élevée de 86 m par rapport à la station Lennoxville-CDA, a un nombre moyen d'heures de précipitation supérieur sur toute la période de mesure (figure 6.4); il s'ensuit que l'existence de la relation altitude versus fréquence de précipitation à l'échelle horaire est une fois de plus vérifiée.

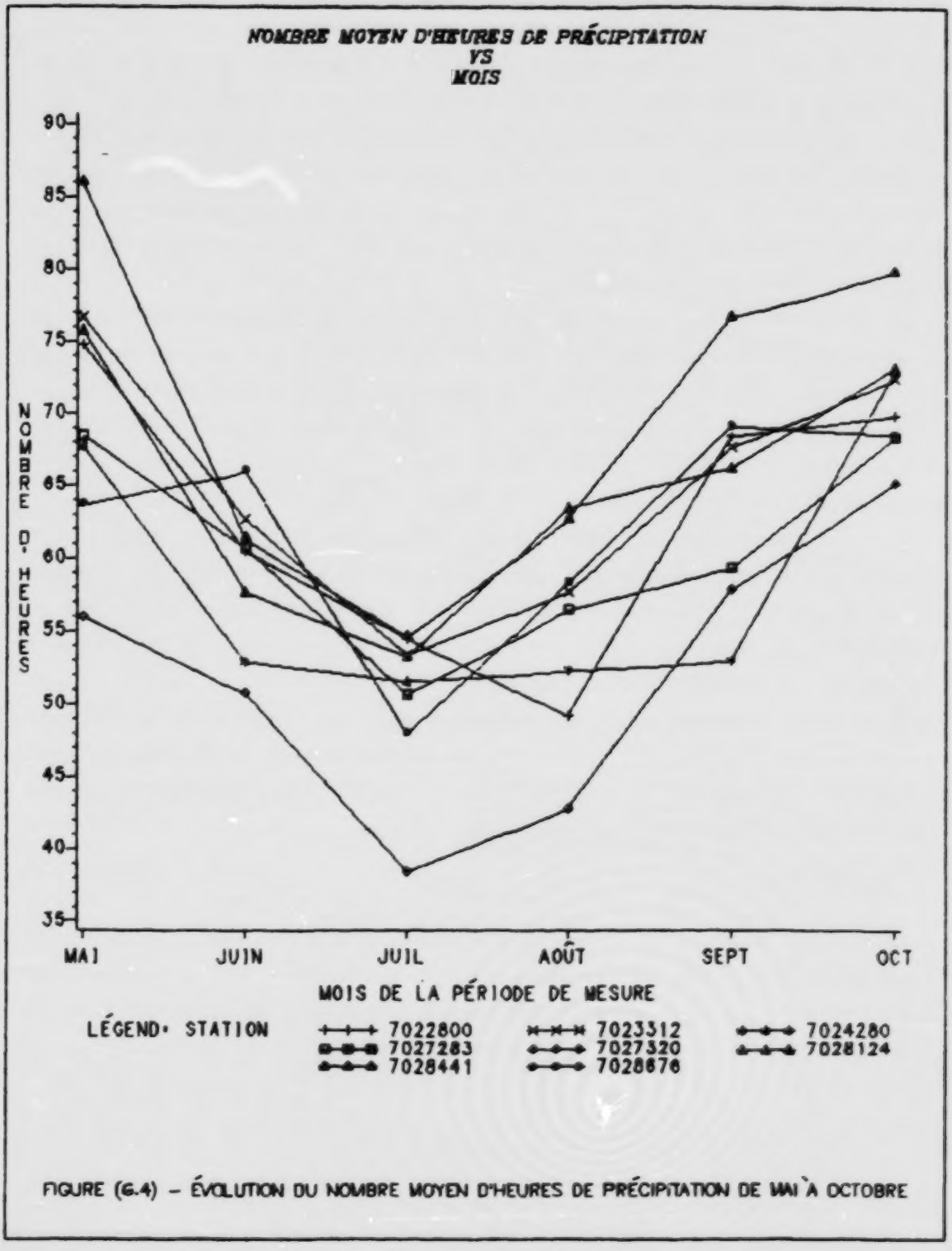

FIGURE (6.4) – ÉVOLUTION DU NOMBRE MOYEN D'HEURES DE PRÉCIPITATION DE MAI À OCTOBRE

Sur les quatre mois de juin à septembre, Lennoxville-CDA démontre une caractéristique particulière. Cette station météorologique compte un nombre plus ou moins constant d'heures pluvieuses mesurables qui fluctue à l'intérieur d'une marge de 51 à 53 heures. La situation est illustrée à la figure 6.4.

7. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR D'EAU DE DIVERSES INTENSITÉS

Afin d'être conforme aux études ultérieures dans le domaine de la précipitation, les données horaires mesurées en centième de pouce avant 1978 sont converties en leur équivalent métrique, soit en dixième de millimètre. Le facteur de conversion utilisé à cette fin est de 2,54 et une troncature est ensuite appliquée aux chiffres se trouvant après le point de décimal du résultat. Indifféremment de leur ordre chronologique d'occurrence, les intensités ou taux horaires de précipitation, extraites de leur épisode pluvieux, sont regroupées en neuf classes :

CLASSE	INTENSITÉ (mm/hre)
1	0,10 - 0,29
2	0,30 - 0,59
3	0,60 - 0,89
4	0,90 - 1,19
5	1,20 - 1,49
6	1,50 - 1,79
7	1,80 - 2,09
8	2,10 - 2,39
9	2,40 et plus

Par ce découpage, on tente autant que possible de centrer simultanément deux divisions millimétriques et une division en centième de pouce de façon à éviter les erreurs entrainées par la conversion et la troncature. Toutefois, la séparation de 0,06 et 0,07 pouce/hre sur deux intervalles différents n'a pu être réalisée.

Nous nous proposons maintenant d'étudier les fréquences d'occurrence et les contributions à la hauteur d'eau de ces différentes classes d'intensité.

Dans le cadre de cette étude, la fréquence d'occurrence d'une classe, pour un mois donné, est définie comme étant le pourcentage d'apparition (occurrence) de la classe par rapport au total des apparitions

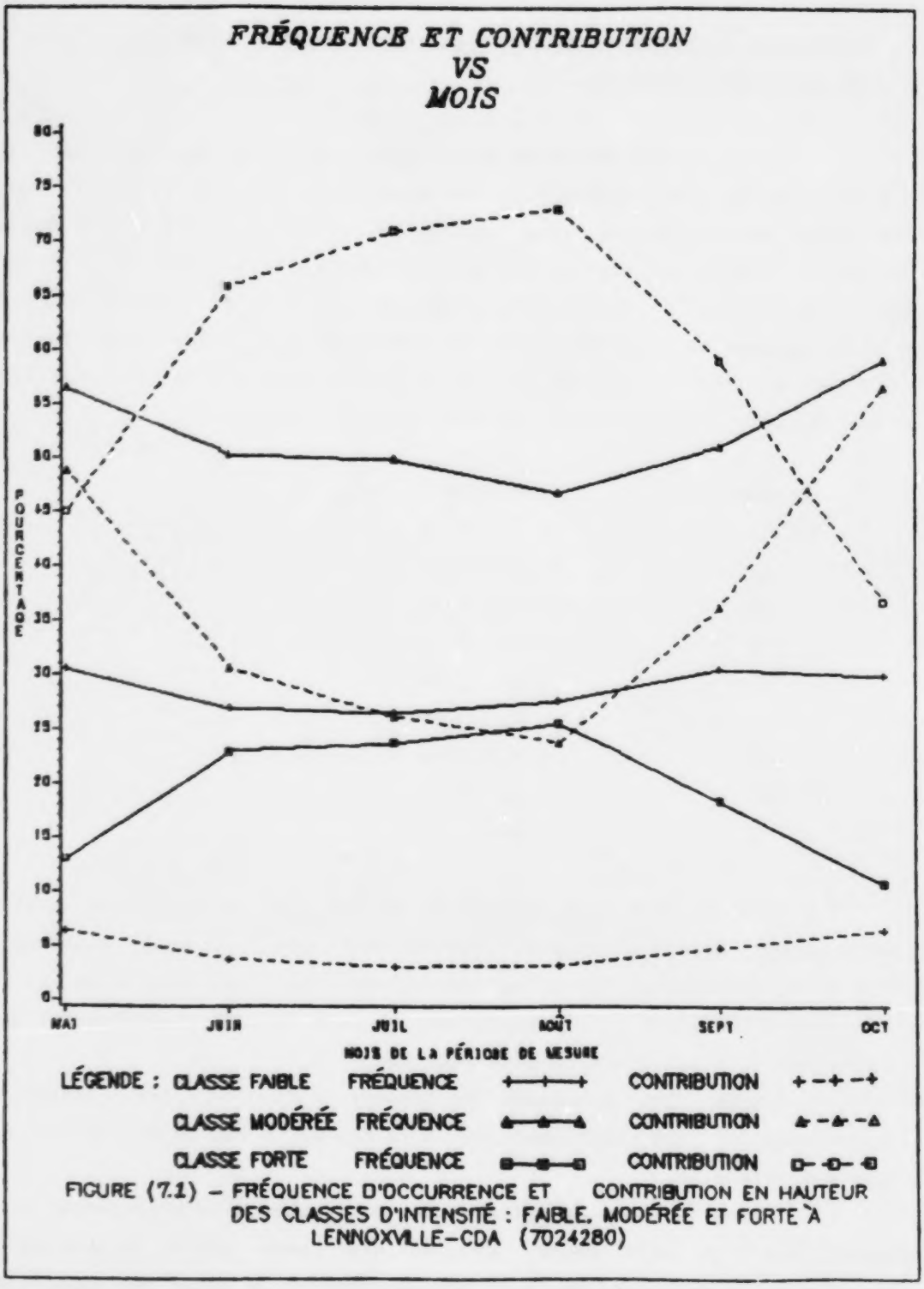

FIGURE (7.1) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

de toutes les classes au cours du mois étudié. D'une façon semblable, la contribution en hauteur d'eau d'une classe, pour un mois donné, est le pourcentage de la quantité de précipitation produite par cette classe par rapport au total des apports de toutes les classes au cours du mois étudié.

Pour chacun des mois, de mai à octobre, et pour chacune des huit stations pluviographiques retenues, une première compilation de ces caractéristiques pour les neuf classes a montré que les fréquences d'occurrence ainsi que les contributions correspondant aux intensités des classes 2 à 8 (0,30 à 2,39 mm/hre) sont relativement faibles. De ce fait, nous avons préféré réunir ces classes en une seule classe, qualifiée classe d'intensité modérée. Ainsi, les intensités inférieures à 0,30 mm/hre sont considérées comme de faibles intensités et celles égales ou supérieures à 2,40 mm/hre sont les fortes intensités.

La figure 7.1 montre l'évolution des fréquences d'occurrence et des contributions en hauteur d'eau mensuelle des trois nouvelles classes de taux horaires à la station Lennoxville-CDA au cours des mois de mai à octobre. Cette station est citée en exemple car elle possède la plus longue série pluviographique. Des figures similaires pour les sept autres stations choisies sont présentées à l'appendice B.

Au cours de chaque mois, la variation de ces caractéristiques n'est pas linéaire comme le démontrent les figures. Les traits joignant les points ne sont tracés que pour permettre une visualisation rapide des tendances de mois en mois.

À la station Lennoxville-CDA (figure 7.1), la fréquence d'occurrence de la classe d'intensité faible diminue de 30,50 pour cent en mai à un minimum de 26,46 pour cent en juillet, pour ensuite remonter à environ 30 pour cent durant les mois de septembre et octobre. La contribution à la hauteur d'eau associée à cette classe subit une variation relativement parallèle. Sa valeur varie de 6,36 pour cent en mai à 6,54 pour cent en octobre, passant par un minimum de 3,02 pour cent en juillet.

De façon similaire, la classe d'intensité modérée démontre une baisse de ces deux caractéristiques au cours de l'été, mais la valeur minimale de la fréquence d'occurrence et celle de la contribution à la hauteur d'eau n'apparaissent qu'au mois d'aout, valant respectivement 46,83

et 23,76 pour cent.

Contrairement aux classes d'intensités faible et modérée, ces évolutions sont inversées pour la classe d'intensité forte. Le maximum de la fréquence d'occurrence est de 25,58 pour cent et celui de la contribution à la hauteur d'eau est de 73,05 pour cent. Ils surviennent tous les deux en août, tandis que les minima de 10,82 pour cent pour la fréquence et de 36,78 pour cent pour la contribution ont lieu en octobre.

L'observation de l'ensemble des figures de l'appendice B (B.1 à B.7) permet de constater que toutes les courbes de fréquence d'occurrence et de contribution associées aux classes d'intensités faible et modérée présentent, de façon générale, une allure concave vers le bas sur la période de mesure, suggérant une baisse de ces caractéristiques au cours de l'été.

À l'opposé, les courbes associées à la classe d'intensité forte s'incurvent toujours de manière convexe vers le haut, suggérant une hausse des deux caractéristiques au cours de la même période.

Les intensités de précipitation étant à la base de cette étude, il est normal que ces comportements soient reliés aux systèmes atmosphériques. En effet, comme les systèmes convectifs, plus fréquents en été, sont caractérisés par de fortes intensités de précipitation et les systèmes synoptiques, relativement plus rares, par de faibles intensités, les allures des courbes des deux caractéristiques étudiées sont dictées par les variations de fréquence de chaque type de système atmosphérique couvrant la région.

La décroissance subie par la classe d'intensité modérée au cours des mois d'été suggère donc que les intensités de l'ordre de 0,30 à 2,39 mm/hre sont reliées plutôt aux précipitations d'origine synoptique qu'à celles d'origine convective pour la région des Bois-Francs et de l'Estrie.

Par ailleurs, pour cette région, la classe d'intensité faible compte mensuellement pour environ 31 pour cent des heures de précipitation mesurable. La station Vallée-Jonction s'inscrit avec la plus forte fréquence de cette classe avec 37,71 pour cent pour le mois d'octobre. La marge de contribution de cette classe d'intensité à la hauteur d'eau

mensuelle varie de 3,0 à 8,0 pour cent aux stations Island-Brook, Lennoxville-CDA, Saint-Georges et Sherbrooke; de 2,25 à 7,50 pour cent aux stations Granby et Thetford-Mines; de 3,75 à 9,00 pour cent à Vallée-Jonction; et de 3,0 à 7,0 pour cent à Saint-Hubert.A.

Plus de 85 pour cent des occurrences de précipitation en mai et en octobre sont d'intensité inférieure à 2,40 mm/hre, c'est-à-dire faible et modérée. Ces intensités expliquent 90,58 pour cent des occurrences à Vallée-Jonction et 85,56 pour cent des occurrences à Saint-Hubert.A pour le mois de mai. Cependant, cette fréquence diminue vers un minimum apparaissant en juillet à chacune des stations choisies, sauf à Lennoxville-CDA et à Vallée-Jonction où ce minimum se produit au mois d'août. La différence entre les fréquences d'occurrence des mois de juillet et d'août à cette dernière station n'est toutefois que minime.

La classe responsable de la plus importante partie de la contribution en hauteur d'eau mensuelle de juin à septembre est celle des fortes intensites (2,40 mm/hre ou plus). Pour la plupart des stations, la contribution maximale est centrée sur la saison estivale et en particulier, au mois de juillet. Aux stations Lennoxville-CDA, Saint-Georges et Thetford-Mines, elle apparait un mois plus tard. Cette valeur depasse 70 pour cent et s'élève à 78 pour cent à Thetford-Mines.

Pour les mois de mai et octobre, la principale contribution provient de la classe d'intensité modérée.

8. ÉTUDE DES ÉPISODES PLUVIEUX PRIMAIRES OU ÉLÉMENTAIRES

8.1 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur d'eau de diverses durées d'épisode pluvieux primaire

Afin de ne pas perdre de vue la base de cette partie de l'analyse, il est bon de reprendre la définition d'un épisode pluvieux primaire. Un épisode pluvieux primaire est défini comme une séquence continue de D heures de pluie mesurable, précédée et succédée d'une heure sèche ou durant laquelle la quantité de pluie tombée n'atteint pas le seuil mesurable. Ainsi, deux heures humides adjacentes sont considérées comme faisant partie du même événement pluvieux, tandis que deux heures humides séparées par une ou plusieurs heures sèches sont considérées comme appartenant à deux événements pluvieux séparés.

L'étude des épisodes pluvieux selon cette approche constitue la manière la plus simple car elle ne nécessite pas d'information supplémentaire concernant les systèmes météorologiques tels que les systèmes synoptiques. Mais, elle présente une faiblesse. La présence des heures sèches dans un épisode pluvieux associé à un et un seul système atmosphérique cause automatiquement une séparation à leur niveau et de ce fait, on risque de détruire ou de filtrer plus particulièrement les précipitations de longue durée. Les systèmes synoptiques étant généralement de grande dimension et à l'origine de ces précipitations, ils seront alors mal représentés.

De plus, le nombre d'épisodes pluvieux de courte durée se trouve augmenté affectant d'une part, l'analyse des pluies convectives qui sont généralement de courte durée et d'autre part, les caractéristiques d'un hyétogramme de diverses durées de précipitation telles que la hauteur moyenne, la pointe moyenne, l'intensité moyenne, etc. Ces caractéristiques seront sous-estimées en raison du double caractère des précipitations synoptiques et convectives, pluies synoptiques: longue durée et faible intensité; pluies convectives: courte durée et forte intensité.

Notre période de mesure étant centrée sur la saison estivale, nous nous sommes surtout préoccupés de ce deuxième problème dont nous pensons que l'ampleur, quoique difficile à évaluer, n'est pas susceptible

d'altérer profondément les analyses. D'ailleurs, ces analyses seront reprises plus loin pour des épisodes pluvieux permettant un nombre maximal de D_{sm} heures sèches à l'intérieur d'une séquence dite pluvieuse.

Après examen des données de la précipitation horaire, neuf classes de durée ont été retenues afin de caractériser les épisodes pluvieux sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie. Les durées sont réparties comme suit:

Classe	Durée (heures)
1	1 et 2
2	3 et 4
3	5 et 6
4	7 et 8
5	9 et 10
6	11 et 12
7	13 et 14
8	15 et 16
9	17 et plus

Un découpage plus fin des classes, c'est-à-dire a chaque heure, n'a pas été retenu car il introduit trop de classes qui étaient non représentatives.

Comme dans le cas des classes d'intensité, cette analyse par classes de durée est axée sur les fréquences d'occurrence et les contributions à la hauteur d'eau, dont les definitions se trouvent à la section 7.

En raison de la longueur de sa série pluviographique, la station Lennoxville-CDA est encore une fois utilisée comme exemple pour illustrer les résultats. Cette station servira désormais à ce titre pour la suite des analyses et les résultats relatifs aux autres stations retenues seront présentés en appendices.

La figure 8.1 montre quatre courbes de distribution, celles de la frequence d'occurrence, de la frequence d'occurrence cumulee, de la contribution a la hauteur de précipitation et de la contribution cumulée, à

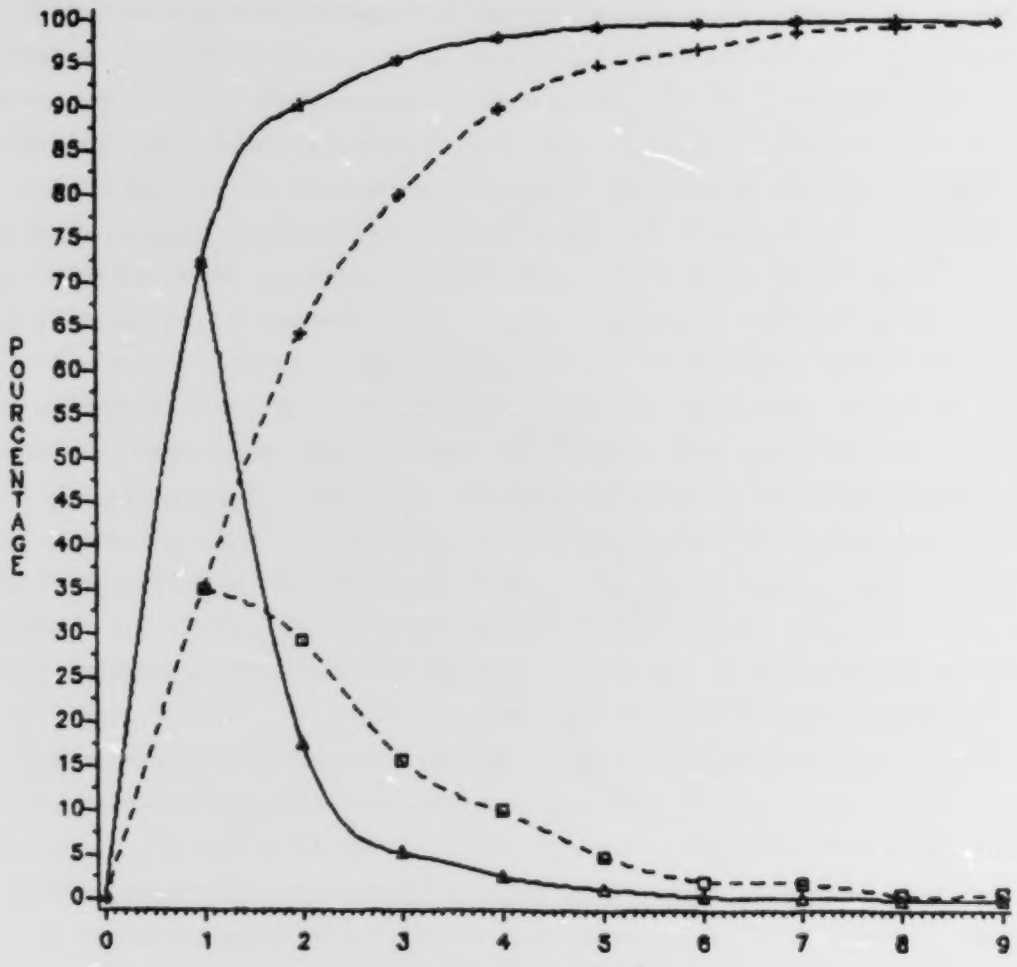

FIGURE (8.1) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

la station Lennoxville-CDA pour la saison d'été, soit pour l'ensemble des mois de juin, juillet et août. Ce regroupement permet une représentation condensée des résultats, tout en préservant un aspect pratique. Les sept autres stations traitées présentent des courbes correspondantes ayant les mêmes allures (voir l'appendice C).

On note à la figure 8.1 un accroissement très rapide des courbes cumulées pour les quatre premières classes à Lennoxville-CDA. Ceci signifie que les précipitations de durée inférieure à neuf heures peuvent caractériser à elles seules presque la totalité de la précipitation d'été dans la région désservie par cette station. En effet, plus de 64 pour cent de la hauteur d'eau recueillie durant cette saison est attribuable aux précipitations de durée inférieure à cinq heures (classes 1 et 2), et plus de 89 pour cent pour les épisodes de huit heures et moins (classes 1 à 4). De même, 72,5 pour cent des occurrences d'épisode pluvieux sont de durée inférieure à trois heures (classe 1) et 95,5 pour cent des occurrences sont celles des épisodes de durée inférieure à sept heures (classes 1 à 3).

Une analyse comparative des figures 8.1 et de l'appendice C (C.1 à C.7) fait ressortir que les épisodes pluvieux primaires les plus fréquents sont ceux de durée inférieure à trois heures correspondant à la classe 1 et ce, pour toutes les stations.

La fréquence d'occurrence de cette classe est évaluée à environ 70 pour cent, ce qui permet à cette catégorie de précipitation d'accumuler la plus forte contribution en hauteur d'eau de la saison d'été à la plupart des stations. Celle-ci s'avère plus élevée à la station Saint-Hubert.A (figure (C.4)) avec 37,8 pour cent par rapport à une moyenne de l'ordre de 33,5 pour cent.

À la station Granby (figure (C.1)), c'est la classe 2 de précipitation de durée de 'trois et quatre' heures qui fournit la plus importante fraction de la hauteur des pluies d'été, soit 37,22 pour cent. La marge de contribution à la hauteur d'eau de la classe 3 s'étend de 13,8 a 20,2 pour cent et ces limites appartiennent aux stations Thetford-Mines et Vallée-Jonction respectivement. Quant à elle, la fréquence d'occurrence associée à cette classe varie de 5,0 à 7,5 pour cent.

Par ailleurs, les classes (5 et plus) de durée supérieure à huit heures ne doivent pas être complètement négligées car, malgré leurs très faibles fréquences d'occurrence, elles produisent des pluies intenses qui s'abattent principalement sur les zones à haute altitude, contribuant de façon assez remarquable à la hauteur de la précipitation d'été. Les stations les plus particulièrement touchées sont Sherbrooke, Saint-Georges, Vallée-Jonction et Thetford-Mines.

Pour la période de juin à août, les séquences pluvieuses ne dépassent jamais une durée de 12 heures humides consécutives à la station Saint-Hubert.A, 14 heures à Island-Brook, 16 heures à Granby et à Thetford-Mines. Les quatre autres stations sont à l'occasion sujettes à des épisodes de durée supérieure à 16 heures. Ces épisodes sont toutefois relativement rares, car ils apparaissent seulement une ou deux fois au maximum sur toute la période d'étude, c'est-à-dire sur au moins dix années.

À toute les stations retenues, les quatre premières classes de durée d'épisode pluvieux reunies occasionnent plus de 85 pour cent de la hauteur de précipitation d'été, et ceci avec une fréquence d'occurrence supérieure à 98 pour cent. Comme déjà évoqué pour la station Lennoxville-CDA, les classes 1 à 4, couvrant toutes les durées inférieures à neuf heures, caractérisent donc presque la totalité de la précipitation sur la région. Par conséquent, les analyses suivantes sur les épisodes pluvieux primaires se porteront principalement sur ces classes.

8.2 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux primaire

L'intensité moyenne d'un épisode pluvieux de durée D heures est égale à la hauteur d'eau h, recueillie au cours de l'épisode, divisée par sa durée.

La figure 8.2 illustre l'évolution de cette caractéristique au cours des mois de mai à octobre pour les quatre principales classes de durée d'épisode pluvieux, mises en évidence à la sous-section précédente 8.1, pour la station Lennoxville-CDA.

Il ressort de ces courbes que les quatre classes de précipitation s'intensifient au cours de l'été. Les classes 1 et 3

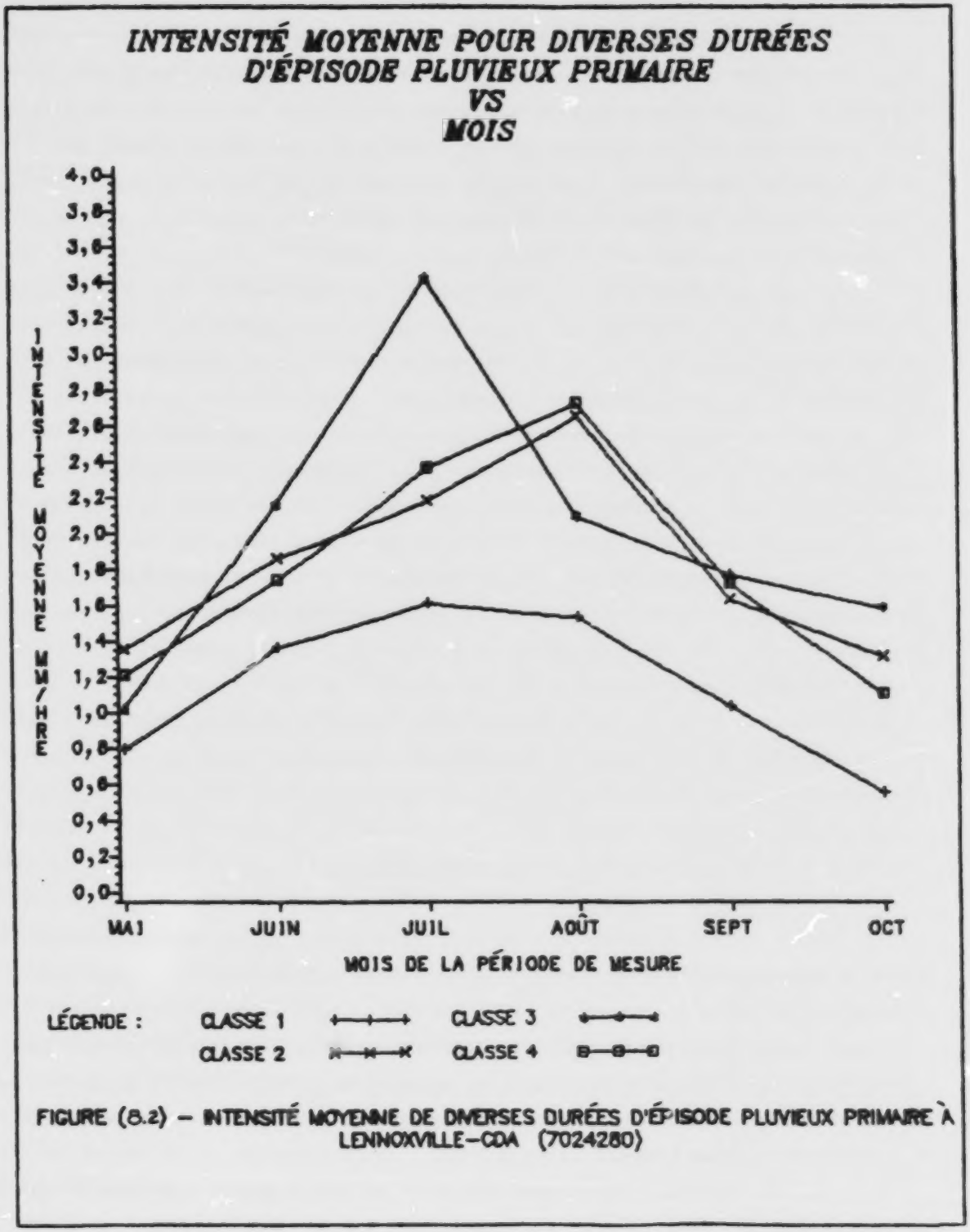

FIGURE (8.2) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

atteignent des intensités moyennes maximales en juillet avec 1,61 mm/hre et 3,43 mm/hre respectivement. Pour les classes 2 et 4, les valeurs maximales n'apparaissent qu'un mois plus tard, soit au mois d'août, avec 2,19 mm/hre et 2,37 mm/hre respectivement.

L'appendice D regroupe les résultats obtenus pour les sept autres stations. Selon les qualificatifs utilisés pour les intensités à la section 7, soient faible, modérée et forte, les épisodes pluvieux sur notre région sont d'intensité moyenne modérée et forte. Les pluies de durée inférieure à trois heures, n'atteignent pas des intensités moyennes fortes, c'est-à-dire celles supérieures à 2,39 mm/hre. La situation est la même pour les précipitations de la classe 2 (trois et quatre heures de durée) à la station Island-Brook (figure (D.2)).

Aux stations Island-Brook, Lennoxville-CDA, Saint-Georges, Sherbrooke et Vallée-Jonction, la première classe de durée (une et deux heures) atteint son sommet en intensité au mois de juillet, tandis qu'à la station Saint-Hubert.A, ce sommet survient en août. La situation à Granby et à Thetford-Mines est la même qu'à Saint-Hubert.A.

L'intensité moyenne maximale de la classe 1 de durée d'une et deux heures est observée à Thetford-Mines où elle vaut 1,82 mm/hre au mois d'août. Elle est la plus faible au mois de juillet avec 1,47 mm/hre à la station Saint-Georges.

C'est uniquement en été que l'intensité moyenne des pluies est "forte" ou supérieure à 2,39 mm/hre. Le seuil de 2,39 mm/hre est largement dépassé par les épisodes de pluie de trois et quatre heures aux stations Saint-Hubert.A, Lennoxville-CDA, Thetford-Mines, Vallée-Jonction et Granby, l'intensité moyenne atteignant 3,08 mm/hre à cette dernière. Ces épisodes frôlent à peine ce seuil aux stations Island-Brook, Saint-Georges et Sherbrooke.

De plus, nous remarquons que parmi les classes de durée les plus fréquentes sur notre région, seule celle de trois et quatre heures atteint les fortes intensités à la station Saint-Hubert.A.

Pour les classes de durée supérieure à quatre heures, soit les classes supérieures à 3, l'évolution de l'intensité moyenne au cours de la période de mai à octobre, illustrées à la figure (10) pour la station

Lennoxville-CDA et à l'appendice D pour les autres stations, ne permet pas de déceler des caractéristiques régionales communes en raison de la faible taille des échantillons d'épisodes pluvieux qui produit des moyennes instables. Toutefois, la tendance générale de l'intensité à plafonner au cours de l'été existe et est plus prononcée. Il est quand même bon de mentionner la valeur remarquable de l'intensité de 3,43 mm/hre pour la classe 3 avec 17 occurrences à Lennoxville-CDA et celle de la classe 4 à Island-Brook qui est de 3,71 mm/hre avec quatre occurrences, au mois de juillet. La classe 4 de durée de sept et huit heures présente un minimum d'intensité en août aux stations Saint-Hubert.A et Vallée-Jonction. Ainsi, les précipitations intenses d'été de relativement longue durée ont lieu principalement en juillet à Lennoxville-CDA et à Island-Brook tandis que les précipitations d'aout de durée de sept et huit heures à Saint-Hubert.A et à Vallée-Jonction sont généralement peu intenses.

En raison de la taille reduite des échantillons des épisodes de durée supérieure à quatre heures, ces informations doivent etre considerées avec circonspection.

8.3 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux primaire

La notion d'intensité de pointe, Ip, est schématisée aux figures 2.1 et 2.2. Le comportement de cette caracteristique, au cours des mois de mai à octobre pour les quatre principales classes de durée de précipitation, est représenté à la figure 8.3 pour la station Lennoxville-CDA.

Les intensités de pointe dont une majorité forme un sous-ensemble des fortes intensités, montrent aussi un accroissement culminant au cours de l'été. Les valeurs maximales pour les classes 1 et 3 (une et deux heures ainsi que cinq et six heures de durée), survenant en juillet, s'élèvent à 2,00 mm/hre et à 8,92 mm/hre respectivement. Ces maxima apparaissent au mois d'aout pour les classes 2 et 4 avec 5,34 mm/hre et 6,94 mm/hre comme valeurs, respectivement.

A l'aide des figures 8.3 et (E.1) à (E.7) de l'appendice E, la comparaison de l'évolution de l'intensité de pointe avec celle de

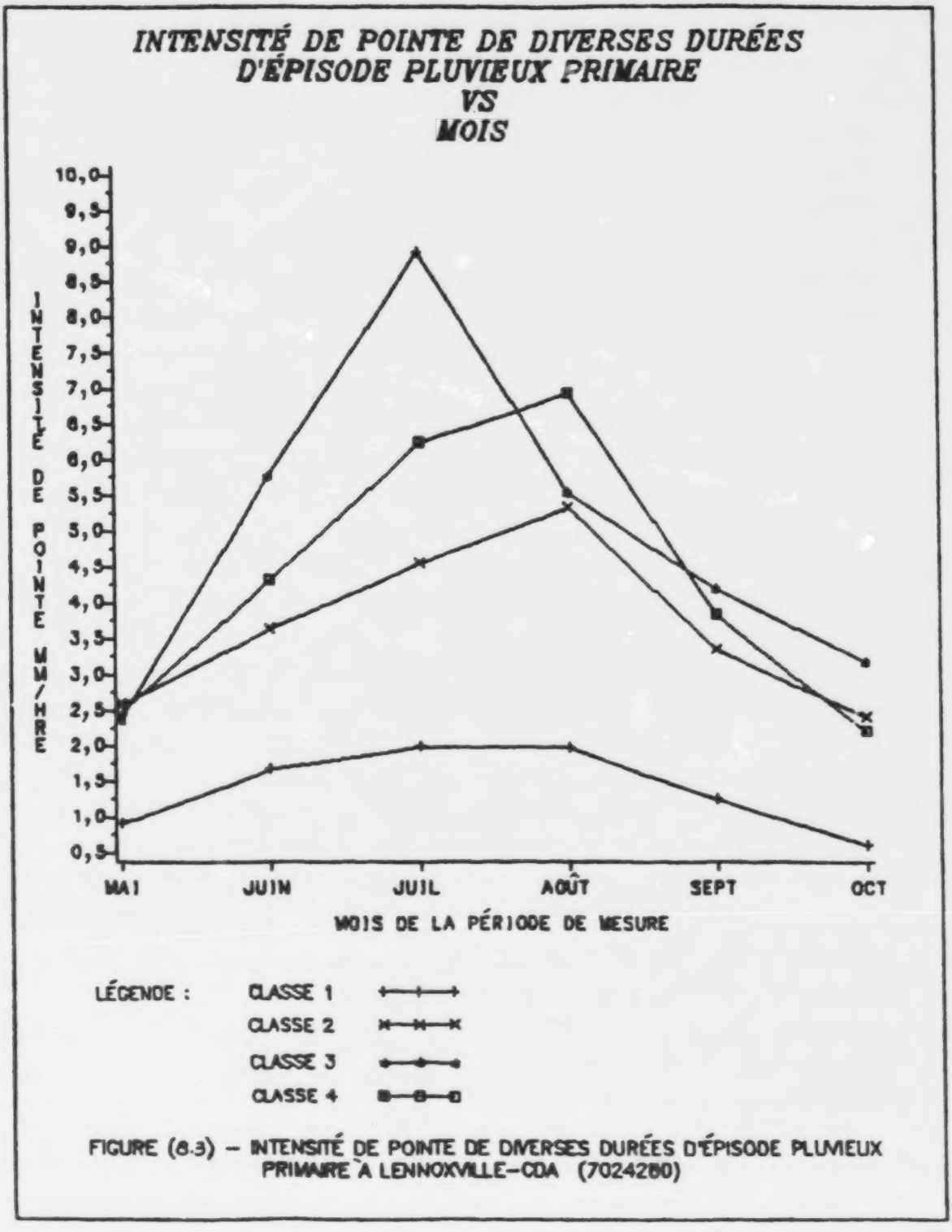

FIGURE (8.3) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

l'intensité moyenne montre des tendances similaires tout au long de la période de mai à octobre pour les quatre classes d'épisodes pluvieux traitées. L'ordre de grandeur absolue et des différences, plus élevé, indique que la similitude entre les graphiques d'intensité de pointe et celles d'intensité moyenne tient du fait que l'intensité de pointe contrôle fortement l'intensité moyenne d'un épisode.

Une moyenne d'intensité de pointe maximale de 10,34 mm/hre, provenant des épisodes de précipitation de la classe 4 de durée de sept et huit heures, est observée à la station Island-Brook (figure (E.2)) en juillet. Par contre, ce sont les pluies de cinq et six heures qui sont à l'origine de l'intensité de pointe maximale de 8,92 mm/hre au cours du même mois à Lennoxville-CDA; cette situation est illustrée à la figure 8.3.

L'observation faite sur les stations Saint-Hubert.A et Vallée-Jonction relativement à un minimum d'intensité moyenne survenant au mois d'août dans la section précédente demeure valide avec l'intensité de pointe. En effet, à la première station, l'intensité de pointe n'est que de 3,50 mm/hre et elle est encore plus faible avec 2,41 mm/hre à la deuxième station.

Les classes 2, 3 et 4 de durée de précipitation ont environ les mêmes intensités de pointe en mai à chacune des stations Sherbrooke et Lennoxville-CDA, intensités qui valent respectivement 2,70 mm/hre, et 2,50 mm/hre. De façon générale, l'intensité de pointe croit avec la durée de l'épisode pluvieux au cours des mois d'été, soit juin, juillet et août, sur notre région.

L'espacement entre la courbe de la classe 1 de durée et celles des autres classes est visiblement plus grand que l'espacement entre ces dernières. Ceci pousse à conclure que la durée des épisodes pluvieux de la classe 1 n'est pas suffisamment longue pour que les précipitations deviennent vraiment intenses. En d'autres mots, le phénomène d'intensification de la précipitation requiert un temps supérieur à deux heures pour atteindre son maximum.

8.4 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux primaire

Au même titre que la durée, l'intensité moyenne et l'intensité de pointe, le temps de montée T_m, est une caractéristique utile pour décrire un hyétogramme type pour fin de conception de modèles de simulation de la précipitation. Dans le cadre de cette étude, nous nous proposons de quantifier ce paramètre pour divers épisodes pluvieux primaires sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie. À titre d'exemple, la figure 8.4 montre les résultats obtenus pour les quatre principales classes de durée de précipitation à la station Lennoxville-CDA.

Le temps de montée des épisodes pluvieux d'une et deux heures de durée (classe 1) est de 1,10 heure. Étant très proche de l'unité, cette valeur suggère que pour la majorité des précipitations de deux heures, l'intensité de pointe est atteinte dès la première heure de pluie. De la même façon, nous observons de très faibles variations du temps de montée de la deuxième classe de durée, d'un mois à l'autre, aux huit stations choisies, et l'intensité de pointe apparaît en général dès la deuxième heure de pluie.

Les classes de durées supérieures à quatre heures (classes 3 et 4) présentent cependant des oscillations du temps de montée si aléatoires au cours des mois d'une station à l'autre qu'il ne semble pas exister de relation zonale ou régionale, ni saisonnière selon cette caractéristique. Ces oscillations seraient plutôt reliées à la petite taille des échantillons constituant ces classes. Néanmoins, on arrive à attribuer aux pluies de cinq et six heures (classe 3) une valeur moyenne approximative de 2,8 à 2,9 heures pour le temps de montée. Comme précédemment, il est possible de conclure que sur l'ensemble de la région, cette classe de précipitation atteint son intensité de pointe à la troisième heure de pluie.

Les figures (F.1) à (F.7) de l'appendice F résument les résultats obtenus pour les sept autres stations et leur forte ressemblance à la figure 8.4 nous permet de ne souligner aucun point particulier. Cependant, le fait que la résolution ne soit qu'horaire rend difficile l'interprétation des résultats surtout pour les épisodes pluvieux courts.

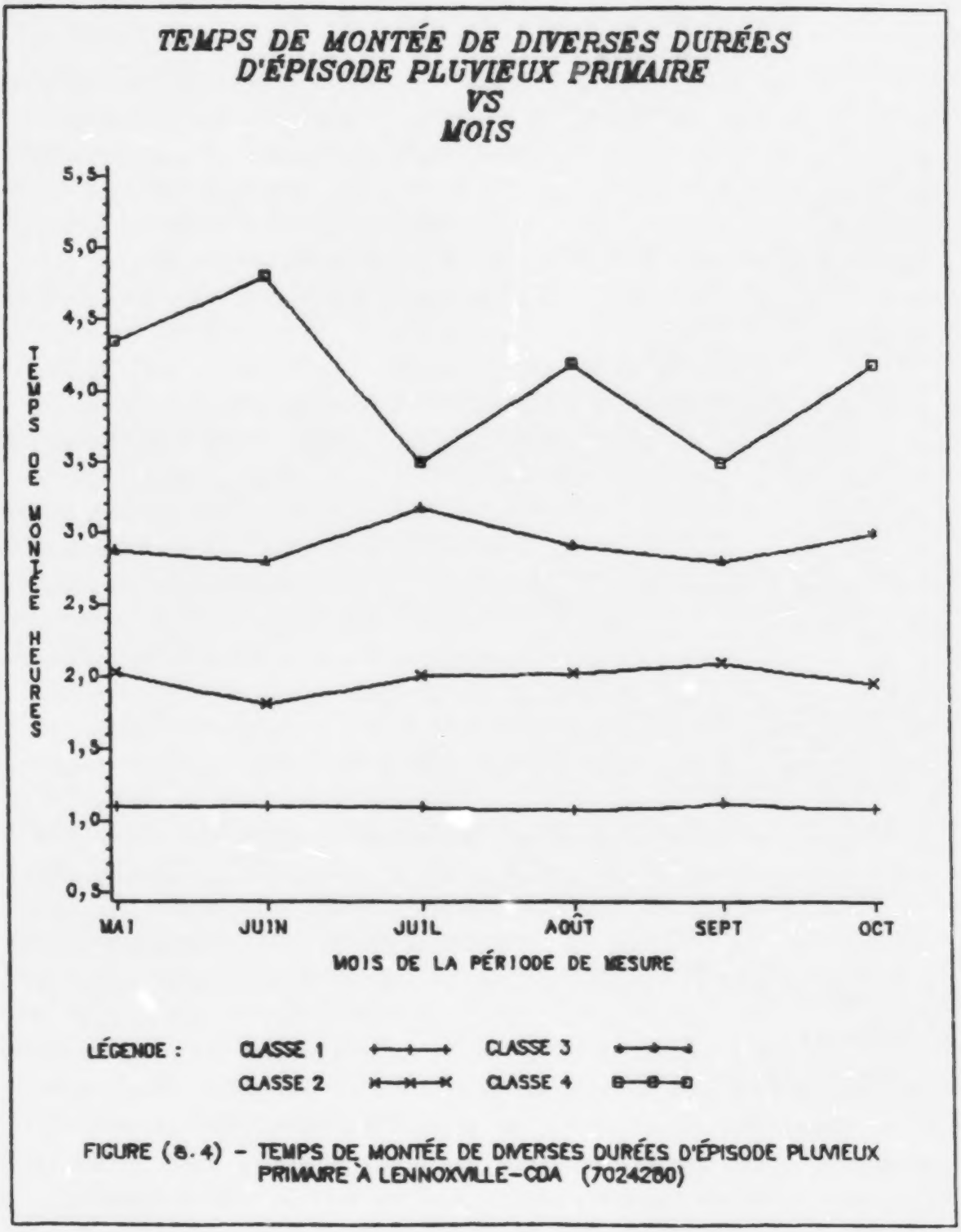

FIGURE (8.4) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

L'accroissement de l'intensité moyenne et de l'intensité de pointe de la précipitation au cours des mois d'été n'affecte nullement le temps de montée puisque ce dernier reste invariant durant ces mois.

9. ÉTUDE DES ÉPISODES PLUVIEUX PERMETTANT DES PÉRIODES SÈCHES MAXIMALES DE D_{sm} HEURES

9.1 Choix de la valeur de D_{sm} : durée sèche maximale

Un enregistrement pluviographique est un support témoin des perturbations atmosphériques sur une région. Il comporte des périodes humides correspondant à des périodes de pluie et des périodes sèches qui peuvent être de nature intra ou inter systèmes atmosphériques. Au cours d'une perturbation atmosphérique, il arrive souvent que la pluie soit interrompue par des périodes d'une ou de plusieurs heures sèches; ce sont les périodes sèches intra-systèmes atmosphériques ou cycles secs courts. Par contre, les periodes sèches inter-systèmes atmosphériques ou cycles secs longs correspondent au temps sec qui s'écoule entre la fin d'un système et le début d'un autre. La présence de ces deux types de periodes seches rend difficile le découpage des séries en épisodes pluvieux de sorte qu'ils sont univoques avec leurs systèmes respectifs. Quelle doit être la durée maximale de la période sèche séparant deux événements pluvieux?

Sous-estimer cette valeur conduit à filtrer les précipitations de longue durée provenant des systèmes de grandes dimensions; à l'inverse, la surestimer entraine l'incorporation des pluies issues de petits systèmes convectifs avec d'autres précipitations prolongeant leur durée. Thorp et Scott (1982) ont utilisé une durée sèche maximale de trois heures en été et de six heures en hiver au cours de leur étude pour la zone nord-est des États-Unis. Dans le développement d'un modèle québecois de transport à longue distance de polluants atmospheriques, Fortin et al. (1983) ont trouvé qu'à la station Sherbrooke, le cycle sec court est de 2,6 à 2,9 heures au cours des saisons de printemps, d'été et d'automne. Comme la période de mesure adoptée dans le cadre de notre analyse couvre principalement la saison d'été où les systèmes convectifs caractérisent la précipitation, il est raisonnable de vouloir privilegier les pluies de courtes durées plutot que celles de longues durees. Une durée sèche maximale D_{sm} de deux heures est ainsi choisie pour les analyses decrites dans le texte qui suit.

Les résultats des sous-sections suivantes étant sensiblement semblables aux résultats correspondant de l'analyse des épisodes primaires, toutes les figures qui les résument sont présentées dans les appendices G,H et I.

9.2 Fréquence d'occurrence et contribution en hauteur d'eau de diverses durées de précipitation

Pour permettre une étude comparative, les neuf classes initiales de durée de précipitation établies à la sous-section 8.1 pour les épisodes pluvieux primaires ont été conservées. En outre, la notion d'événement pluvieux qui se confond avec celle de l'épisode primaire, prend à présent pleinement son sens. Le nombre d'événements pluvieux dépend du nombre de périodes d'interruption de la pluie associées au même système atmosphérique tel qu'identifié par le découpage systématique résultant du choix de la durée sèche retenue. Les résultats montrent que le nombre d'événements pluvieux augmente graduellement avec l'accroissement de la durée de précipitation. Ceci reflète la transition de l'orage aux systèmes à échelle synoptique contenant de la pluie par bandes ou des fronts.

Les précipitations de durée inférieure à trois heures (classe 1) sont les plus fréquentes sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie. La fréquence d'occurrence de cette classe de pluies est minimale en mai aux stations Island-Brook et Saint-Georges, et en octobre pour les six autres stations. Elle prend sa valeur maximale en juin à Saint-Hubert.A, en août à Granby et en juillet aux autres stations. Les fréquences extrêmes les plus élevées surviennent à Vallée-Jonction avec 45,2 pour cent pour la valeur minimale et 61,6 pour cent pour la valeur maximale. C'est à Island-Brook que les fréquences extrêmes sont les plus faibles avec, dans le même ordre, 34,7 et 53,8 pour cent. Durant la saison d'été, la classe 1 de durée d'une et deux heures compte pour 51 à 56 pour cent des occurrences. Une différence en fréquence de plus de 15 pour cent est observée par rapport au cas des épisodes primaires de la même classe. Etant de trop courte durée, les épisodes pluvieux du cas présent ne permettent pas non plus de périodes sèches. À partir de ceci, on peut déduire que 20

à 30 pour cent des épisodes primaires de durée inférieure à trois heures sont incorporés dans des épisodes pluvieux de plus longue durée.

Les figures (G.1) à (G.8) de l'appendice G montrent que la classe 1 de durée ne produit les plus fortes contributions à la hauteur de pluie d'été qu'à cinq des huit stations choisies. Ce sont les épisodes pluvieux de durée de trois et quatre heures (classe 2) qui sont responsables de la principale contribution aux stations Granby et Thetford-Mines, et ceux de cinq et six heures (classe 3) à Island-Brook. En somme, les apports des trois premières classes (quatre à certaines stations, par exemple à Vallée-Jonction) sont très comparables car ils valent environ 20 pour cent. La montée presque linéaire des courbes de contribution cumulative illustre ce fait.

Plus de 90 pour cent des occurrences de précipitation d'été sont de durée inférieure à neuf heures sur notre région. Les précipitations à la station Saint-Hubert.A contribuent pour plus de 80 pour cent de la hauteur des pluies d'été. Cette contribution est plus faible aux stations Vallée-Jonction, Thetford-Mines et Granby. Elle est la plus élevée à Vallée-Jonction avec 76,2 pour cent et la plus faible avec 65,7 pour cent à Thetford-Mines. Cependant, les quatre premières classes expliquent en grande partie la pluviométrie sur notre région et c'est pour cette raison qu'à la suite de notre analyse, nous ne considèreront que ces classes.

9.3 Intensité moyenne de diverses durées d'épisode pluvieux

L'intensité moyenne, dans le cas des episodes pluvieux permettant des périodes sèches, est peu utile, d'autant plus que la durée de l'épisode pluvieux considéré est longue. Au cours d'un épisode pluvieux, le nombre et la distribution des périodes sèches étant relativement aléatoires et leurs durées pouvant prendre la valeur d'une ou de deux heures dans notre cas, avec une résolution qui n'est qu'horaire, l'intensité moyenne est donc dépourvue de tout sens. Ainsi, aucun résultat graphique de cette caractéristique n'est presente et nous nous contentons seulement de fournir quelques observations.

L'inclusion de périodes sèches dans les séquences pluvieuses a surtout eu pour effet d'atténuer l'intensité moyenne des épisodes pluvieux. Pour cette raison, en considérant uniquement les quatre premières classes de durée de précipitation, soit d'une à huit heures, seulement trois stations enregistrent des pluies d'intensité moyenne dite forte selon notre catégorisation établie à la section 7, et ceci en été. Les stations concernées sont Saint-Hubert.A avec 2,8 mm/hre tandis qu'à Granby et à Thetford-Mines, l'intensité moyenne des pluies est de 2,5 mm/hre.

Comme dans le cas des épisodes primaires, les pluies de durée inférieure à trois heures n'atteignent pas une forte intensité moyenne et aucune classe n'est de faible intensité moyenne. Il revient à dire que les précipitations de durée inférieure à neuf heures sont principalement d'intensité de l'ordre de 0,30 à 2,39 mm/hre par épisode sur notre région.

9.4 Intensité de pointe de diverses durées d'épisode pluvieux

Pour l'intensité de pointe, le concept de l'épisode pluvieux permettant des périodes sèches de durée maximale de deux heures conduit au résultat que, pour la période de mai à octobre, les plus fortes valeurs appartiennent la plupart du temps à la classe 4 de précipitation de durée de sept et huit heures. La station Granby a obtenu une intensité de pointe moyenne maximale de 9,93 mm/hre en juin, mais il est probable qu'elle constitue un cas exceptionnel car aux autres stations, ces pointes maximales, qui surviennent au cours d'un mois d'été, varient de 6,0 à 8,0 mm/hre. La classe d'épisode pluvieux inférieure à trois heures n'a pas subi de changement marquant par rapport à son homologue primaire. De meme, l'allure des évolutions de l'intensité de pointe pour la classe 2 et pour la classe 3 est globalement semblable. On peut apprécier l'ampleur des variations sur les figures (H.1) à (H.8) de l'appendice H pour les huit stations.

9.5 Temps de montée de diverses durées d'épisode pluvieux

Les observations faites sur ce paramètre pour les épisodes primaires à la sous-section 8.4 restent valables pour le cas présent. En résumé, la classe 1 de précipitation atteint son intensité de pointe à la première heure de pluie, la classe 2 à la deuxième heure et la classe 3 à la troisième heure. Le temps de montée semble être un paramètre indépendant du mois de la période de mesure et donc, des intensités. Les résultats sont illustrés aux figures (I.1) à (I.8) de l'appendice I.

10. CONCLUSION

Dans le but de caractériser la précipitation horaire sur la région des Bois-Francs et de l'Estrie, huit stations pluviographiques ont été choisies selon leur répartition sur les trois principales zones physiographiques du territoire.

Les analyses de la période s'étendant de mai à octobre sur des séries pluviographiques d'au moins dix ans ont montré qu'il est plus aisé d'identifier les différences de la pluviométrie à chaque station que d'évaluer leurs similarités. L'étude préliminaire des intensités moyennes et maximales ne permet pas d'affirmer l'existence de régimes différents aux stations sélectionnées, sauf peut-être en août à Thetford-Mines. Bien entendu, on note un accroissement significatif au cours des mois d'été durant lesquels les perturbations convectives sont plus fréquentes. Par ailleurs, l'étude de la hauteur moyenne de précipitation et du nombre moyen d'heures pluvieuses revèle que les stations à haute altitude sont les plus humides tant par la quantité mensuelle accumulée que par la fréquence des heures de pluie. Les stations Thetford-Mines (427 m) et Saint-Hubert.A (31 m) ont ainsi été mises en évidence.

Malgré leur proximité, les stations Sherbrooke et Lennoxville-CDA reçoivent des nombres d'heures de précipitation différents confirmant l'aspect local des systèmes convectifs. De plus, du mois de juin au mois de septembre inclusivement, le nombre d'heures de précipitation varie peu à la station Lennoxville-CDA, stagnant à environ 52 heures.

La classe d'intensité la plus fréquente sur l'ensemble de la région des Bois-Francs et de l'Estrie est de 0,10 à 0,29 mm/hre, soit la classe 1. Elle compte pour environ 31 pour cent des occurrences de précipitation horaire mesurable. Plus de 80 pour cent des occurrences de précipitation sont d'intensité inférieure à 1,80 mm/hre à toutes les stations retenues, sauf à Saint-Hubert.A où cette classe n'a lieu que 78 pour cent du temps.

La plus importante partie de la contribution en hauteur mensuelle provient de la classe 9 de fortes intensités, soit celles de

l'ordre de 2,40 mm/hre et plus. Cette contribution dépasse 70 pour cent et peut s'élever jusqu'à 78 pour cent à Thetford-Mines.

Les classes 2 à 8 d'intensité de 0,30 à 2,39 mm/hre ont été regroupées en une classe unique appelée classe d'intensité modérée qui parait etre plutôt reliée aux systèmes synoptiques.

Les précipitations horaires ont été étudiées selon diverses durées d'épisode primaire. Les épisodes pluvieux de durée inférieure à trois heures sont les plus fréquents sur notre région, comptant pour plus de 60 pour cent des occurrences et atteignant 72 pour cent au cours de l'été. De l'ordre de 33,5 pour cent, la contribution la plus élevée est aussi attribuable aux épisodes pluvieux de cette classe, sauf à la station Granby où prime la classe 2.

Les quatre premières classes (de durée d'une à huit heures) caractérisent à elles seules presque la totalité de la précipitation d'été sur l'ensemble de la region. Elles couvrent plus de 95 pour cent des occurrences accumulant plus de 85 pour cent de la contribution en hauteur de pluie d'été.

L'intensité moyenne des épisodes primaires arrive à dépasser 2,39 mm/hre, ou devient "forte" uniquement en été. Elle ne le fait toutefois que pour la classe 2 de durée de trois et quatre heures. L'évolution de l'intensité de pointe est similaire à celle de l'intensité moyenne au cours de la période de mesure. Pour les épisodes primaires de durée inférieure à trois heures, la précipitation atteint son intensité de pointe dès la premiere heure pluvieuse. L'intensite de pointe apparait dès la deuxième heure de pluie pour les précipitations de durée de trois et quatre heures. Ces temps de montée sont invariants au cours des mois. Pour les classes de durée supérieure, cette caracteristique n'est pas fiable en raison de la petite taille des échantillons.

Les épisodes pluvieux ont été étudiés en y intégrant des occurrences de périodes sèches d'une durée maximale de deux heures. Les précipitations de durée inférieure à trois heures demeurent les plus fréquentes sur la région avec 51 à 56 pour cent des occurrences. Plus de 90 pour cent des occurrences d'été sont des précipitations inférieures à neuf heures. Leur contribution en hauteur est plus élevée à faible altitude

qu'à haute altitude. Les caractéristiques reliées à l'intensité ont subi une légère baisse tout en gardant des évolutions semblables à celles des épisodes primaires. En ce qui concerne le temps de montée, les observations pour le cas des épisodes primaires restent valides.

11. BIBLIOGRAPHIE

BALTHAZAR, M. (1985), Étude hydrologique d'événements pluie-ruissellement sur les petits bassins versants du Québec méridional, Mémoire de projet de fin d'études, École polytechnique de Montréal, 76 p.

BEAUDOIN, P. (1980), Analyse des précipitations journalières dans la région de Montreal, Mémoire M.Sc.A., Ecole polytechnique de Montréal, 180 p.

BEAUDOIN, P., J. ROUSSELLE, (1981), Courbes mensuelles d'intensité, durée et fréquence des pluies à Montréal, Rapport GREMU EP81-R-34, École polytechnique de Montréal, 21 p.

BEAUDOIN, P., J. ROUSSELLE, (1982), "A Study of Space Variations of Precipitation by Factor Analysis", dans Journal of Hydrology, Vol. 59, pp. 123 - 138.

BOUCHER, S. (1985), Étude des précipitations horaires au Québec méridional, Mémoire de maitrise, INRS-EAU, Québec, 206 p.

BOUTIN, Y. (1983), Climatologie des extrêmes de pluie au Quebec méridional, Mémoire de maitrise, Université Laval, Québec, 170 p.

BROWN, B.G., R.W. KATZ, A.H. MURPHY, (1983), Exploratory Analysis of Precipitation Events in Western Oregon, From Preprint Volume, Second International Meeting on Statistical Climatology, Lisbon, 6 p.

DESJARDINS, M.-A. (1984), Analyse de fréquence des débits de crue en période d'eau libre sur les petits bassins versants du Quebec méridional, Mémoire de projet de fin d'etudes, École polytechnique de Montréal, 100p.

FERLAND, M.G., R.M. GAGNON, (1974a), Atlas de hauteur, frequence et duree des pluies au Quebec méridional, MP-51 Service de la meteorologie, Ministere des Richesses naturelles, Quebec, 66 p.

FERLAND, M G., R.M. GAGNON, (1974b), Climat du Quebec meridional, MP-13, Ministère des Richesses naturelles, Québec, 93 p.

FORTIN, J.-P., M. LACHANCE, C. LELIÈVRE, G. FERLAND, (1983), Developpement d'un modele québecois de transport a longue distance de polluants atmospheriques, Rapport scientifique no. 151, Ministère de l'Environnement du Québec, 248 p.

GOULTER, C. (1984), "Rainfall-Elevation Relationships in the Wilson Creek Experimental Watershed", dans Can. J. Civ. Eng., Vol. 11, pp. 121 - 127.

HISER, H.W. (1956), "Type Distributions of Precipitation at Selected Stations in Illinois", dans Transactions of the American Geophysical Union, Vol. 37, no. 4, pp. 421 - 424.

HOANG, V.D. (1984), Modèle mathématique d'estimation du rapport de pointe des petits bassins versants du Québec, HP-57 Service de la météorologie, Ministère de l'Environnement du Québec, 31 p.

HUFF, F.A. (1971), Distribution of Hourly Precipitation in Illinois, Illinois State Water Survey, Circular 105, State of Illinois, Urbana, 23 p.

HUFTY, A. (1976), Introduction à la climatologie, Presses de l'Université de France, Paris, 264 p.

LUND, I.A., D.D. GRANTHAM, (1977), "Persistence, Runs and Recurrence of Precipitation", dans Journal of Applied Meteorology, Vol. 16, pp. 346 - 358.

NGUYEN, V.T.V. (1979), Caractérisation hydrologique de la pluie pour le contrôle et la planification des systèmes de drainage urbain, Thèse de doctorat, École polytechnique de Montréal, 274 p.

PASSARELLI, Jr., R.E., H. BOEHME, (1983), "The Orographic Modulation of Pre-Warm Front Precipitation in Southern New England", dans Monthly Weather Review, Vol. 111, pp. 1062 - 1070.

PROULX, H. (1984), Analyse de la variation spatio-temporelle des éléments climatiques température et précipitation sur le Québec méridional, Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, 213 p.

SERVEAU, M. (1978), Étude des précipitations annuelles et mensuelles dans la région de Montréal, Mémoire M. Ing., École polytechnique de Montréal, 192 p.

SIEW-YAN-YU, T.O. (1985), Étude des précipitations horaire et journalière dans la région des Bois-Francs et de l'Estrie, Mémoire M.Ing., École polytechnique de Montréal, 288 p.

TESSIER, D. (1983), Analyses statistiques des caractéristiques physiographiques de petits bassins versants en relation avec les débits de crue, Mémoire M.Sc.A., École polytechnique de Montréal, 189 p.

THORP, J.M., B.C. SCOTT, (1982), "Preliminary Calculations of Average Storm Duration and Seasonal Precipitation Rates for the Northeast Sector of the United States", dans Atmospheric Environment, Vol. 16, no. 7, pp. 1763 - 1774.

APPENDICE A

DONNÉES MANQUANTES À CHAQUE MOIS DES ANNÉES DISPONIBLES AUX HUIT STATIONS PLUVIOGRAPHIQUES CHOISIES

TABLEAU (A.1) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station GRANBY

	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI										0	0	24	0	0	0	24	24	0	240	48	0
										0	0	3,23	0	0	0	3,23	3,23	0	32,26	6,45	0
JUIN											0	0	0	0	0	24	48	0	24	0	72
											0	0	0	0	0	3,33	6,67	0	3,33	0	10,00
JUILLET											24	0	0	12	0	0	48	0	0	0	48
											3,23	0	0	1,61	0	0	6,45	0	0	0	6,45
AOÛT									480	120	0	0	0	0	0	0	24	48	0	96	48
									64,52	16,13	0	0	0	0	0	0	3,23	6,45	0	12,90	6,45
SEPTEMBRE									0	0	0	0	0	0	12	24	0	72	0	96	0
									0	0	0	0	0	0	1,67	3,33	0	10,00	0	13,33	0
OCTOBRE									0	144	0	0	24	0	0	48	24	0	24	24	504
									0	19,35	0	0	3,23	0	0	6,45	3,23	0	3,23	3,23	67,74

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

TABLEAU (A.2) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station ISLAND-BROOK

	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI							0	0	59	0	8	0	0	0	109	0	0	0	72	24	0
							0	0	7,93	0	1,08	0	0	0	14,65	0	0	0	9,68	3,23	0
JUIN						528	0	0	0	24	0	0	0	0	2	0	168	72	96	24	120
						73,33	0	0	0	3,33	0	0	0	0	0,28	0	23,33	10,00	13,33	3,33	16,67
JUILLET						0	0	0	16	0	0	0	2	7	0	0	408	0	192	0	24
						0	0	0	2,15	0	0	0	0,27	0,94	0	0	54,84	0	25,81	0	3,23
AOÛT						0	0	0	0	0	72	0	0	5	-	0	48	48	120	96	48
						0	0	0	0	0	9,68	0	0	0,67	-	0	6,45	6,45	16,13	12,90	6,45
SEPTEMBRE						144	0	0	0	24	24	0	11	3	96	72	0	240	48	0	48
						20,00	0	0	0	3,33	3,33	0	1,53	0,42	13,33	10,00	0	33,33	6,67	0	6,67
OCTOBRE						336	0	0	0	0	0	0	84	0	36	48	0	96	0	48	216
						45,16	0	0	0	0	0	0	11,29	0	4,84	6,45	0	12,90	0	6,45	29,03

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

TABLEAU (A.3) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station LENNOXVILLE-CDA

MOIS		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	88	24	48	0	0	36	0	0	24	0	0	24	24
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	11,83	3,23	6,45	0	0	4,84	0	0	3,23	0	0	3,23	3,23
JUIN	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	0	24	0	504	0	0	0
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	2,22	2,22	0	0	0	0	0	3,33	0	70,00	0	0	0
JUILLET	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	168	0	0	0	24	-	24	48	0	0	0	72	72
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	22,58	0	0	0	3,23	-	3,23	6,45	0	0	0	9,68	9,68
AOÛT	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	96	24	0	0	48	144
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,45	0	12,90	3,23	0	0	6,45	19,35
SEPTEMBRE	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	168	24	120	48	72	0
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,00	0	23,33	3,33	16,67	6,67	10,00	0
OCTOBRE	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	96	24	72	48	168	24
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,09	12,90	3,23	9,68	6,45	22,58	3,23

TABLEAU (A.4) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SAINT-GEORGES

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES / POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI								0	0	136	0	0	0	0	0	-	48	0	0	-	48	0
								0	0	18,28	0	0	0	0	0	-	6,45	0	0	-	6,45	0
JUIN								0	0	0	0	0	0	0	-	-	168	0	0	144	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	-	-	23,33	0	0	20,00	0	0
JUILLET							360	0	0	0	0	0	0	0	-	24	336	24	0	24	0	24
							48,39	0	0	0	0	0	0	0	-	3,23	45,16	3,23	0	3,23	0	3,23
AOÛT								0	0	0	0	24	0	0	72	0	48	0	0	0	24	72
								0	0	0	0	3,23	0	0	9,68	0	6,45	0	0	0	3,23	9,68
SEPTEMBRE								0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	24	0	168
								0	0	0	0	0	0	0	4,03	0	0	0	0	3,33	0	23,33
OCTOBRE									0	0	0	0	0	48	-	280	0	24	0	72	0	216
									0	0	0	0	0	6,45	-	37,63	0	3,23	0	9,68	0	29,03

TABLEAU (A.5) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SAINT-HUBERT.A

	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI						0	0	96	0	0	0	96	670	-	4	0	24	24	0	24	0
						0	0	12,90	0	0	0	12,90	90,05	-	0,54	0	3,23	3,23	0	3,23	0
JUIN						0	0	96	0	0	18	26	-	6	0	0	0	0	48	0	24
						0	0	13,33	0	0	2,50	3,61	-	0,83	0	0	0	0	6,67	0	3,33
JUILLET						0	0	-	0	0	0	24	-	0	15	0	24	24	24	24	24
						0	0	-	0	0	0	3,23	-	0	2,02	0	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
AOÛT					0	0	0	-	46	0	24	0	-	21	0	24	24	0	24	48	48
					0	0	0	-	6,18	0	3,23	0	-	2,82	0	3,23	3,23	0	3,23	6,45	6,45
SEPTEMBRE					0	0	0	-	0	0	30	0	-	12	0	0	24	48	0	24	24
					0	0	0	-	0	0	4,17	0	-	1,67	0	0	3,33	6,67	0	3,33	3,33
OCTOBRE					24	0	0	0	0	24	-	0	-	0	0	72	0	24	0	0	24
					3,23	0	0	0	0	3,23	-	0	-	0	0	9,68	0	3,23	0	0	3,23

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

TABLEAU (A.6) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station SHERBROOKE

MOIS		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI				0	-	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24
				0	-	3,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,23	3,23
JUIN				0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	33	0	0	24	0	0	0	24
				0	0	0	0	0	0	0	0	1,39	0	-	4,58	0	0	3,33	0	0	0	3,33
JUILLET				336	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0	0
				45,16	0	0	0	0	0	0	6,45	0	0	0	0	0	0	3,23	3,23	0	0	0
AOÛT				0	0	0	0	0	0	0	48	24	0	0	0	0	0	24	24	0	24	96
				0	0	0	0	0	0	0	6,45	3,23	0	0	0	0	0	3,23	3,23	0	3,23	12,90
SEPTEMBRE				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0	0	0	48
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,33	3,33	0	0	0	0	6,67
OCTOBRE				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0	0	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,23	3,23	0	0	0	0

MOIS | NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES
POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

TABLEAU (A.7) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station THETFORD-MINES

	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MAI								9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	-	48	24
								1,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,68	-	6,45	3,23
JUIN								0	0	96	24	0	0	24	0	0	0	456	144	48	168
								0	0	13,33	3,33	0	0	3,33	0	0	0	63,33	20,00	6,67	23,33
JUILLET								0	0	33	0	0	24	0	0	48	0	192	120	24	0
								0	0	4,44	0	0	3,23	0	0	6,45	0	25,81	16,13	3,23	0
AOÛT								0	0	72	0	0	0	0	0	0	0	336	0	24	0
								0	0	9,68	0	0	0	0	0	0	0	45,16	0	3,23	0
SEPTEMBRE								0	0	48	24	24	0	0	0	24	24	0	0	48	0
								0	0	6,67	3,33	3,33	0	0	0	3,33	3,33	0	0	6,67	0
OCTOBRE								0	360	0	0	0	0	0	32	12	144	120	24	0	0
								0	48,39	0	0	0	0	0	4,30	1,61	19,35	16,13	3,23	0	0

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

TABLEAU (A.8) - Données manquantes à chaque mois des années disponibles à la station VALLÉE-JONCTION

	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	7.		80
MAI							0	96	-	16	40	0	48	24	-	48	336	24	2.	96	0
							0	12,90	-	2,15	5,38	0	6,45	3,23	-	6,45	45,16	3,23	3,23	12,90	0
JUIN							0	0	112	0	32	24	96	-	24	0	312	24	0	96	48
							0	0	15,56	0	4,44	3,33	13,33	-	3,33	0	43,33	3,33	0	13,33	6,67
JUILLET							0	0	16	0	0	0	-	0	0	216	192	24	0	72	0
							0	0	2,15	0	0	0	-	0	0	29,03	25,81	3,23	0	9,68	0
AOÛT						72	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	72	0	0	0	24
						9,68	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	9,68	0	0	0	3,23
SEPTEMBRE						0	0	0	-	0	24	0	0	0	0	0	264	192	0	24	240
						0	0	0	-	0	3,33	0	0	0	0	0	36,67	26,67	0	3,33	33,33
OCTOBRE						0	0	0	40	0	0	0	50	0	24	0	336	0	96	48	408
						0	0	0	5,38	0	0	0	6,72	0	3,23	0	45,16	0	12,90	6,45	54,84

MOIS	NOMBRE DE DONNÉES MANQUANTES
	POURCENTAGE DE DONNÉES MANQUANTES

APPENDICE B

FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE

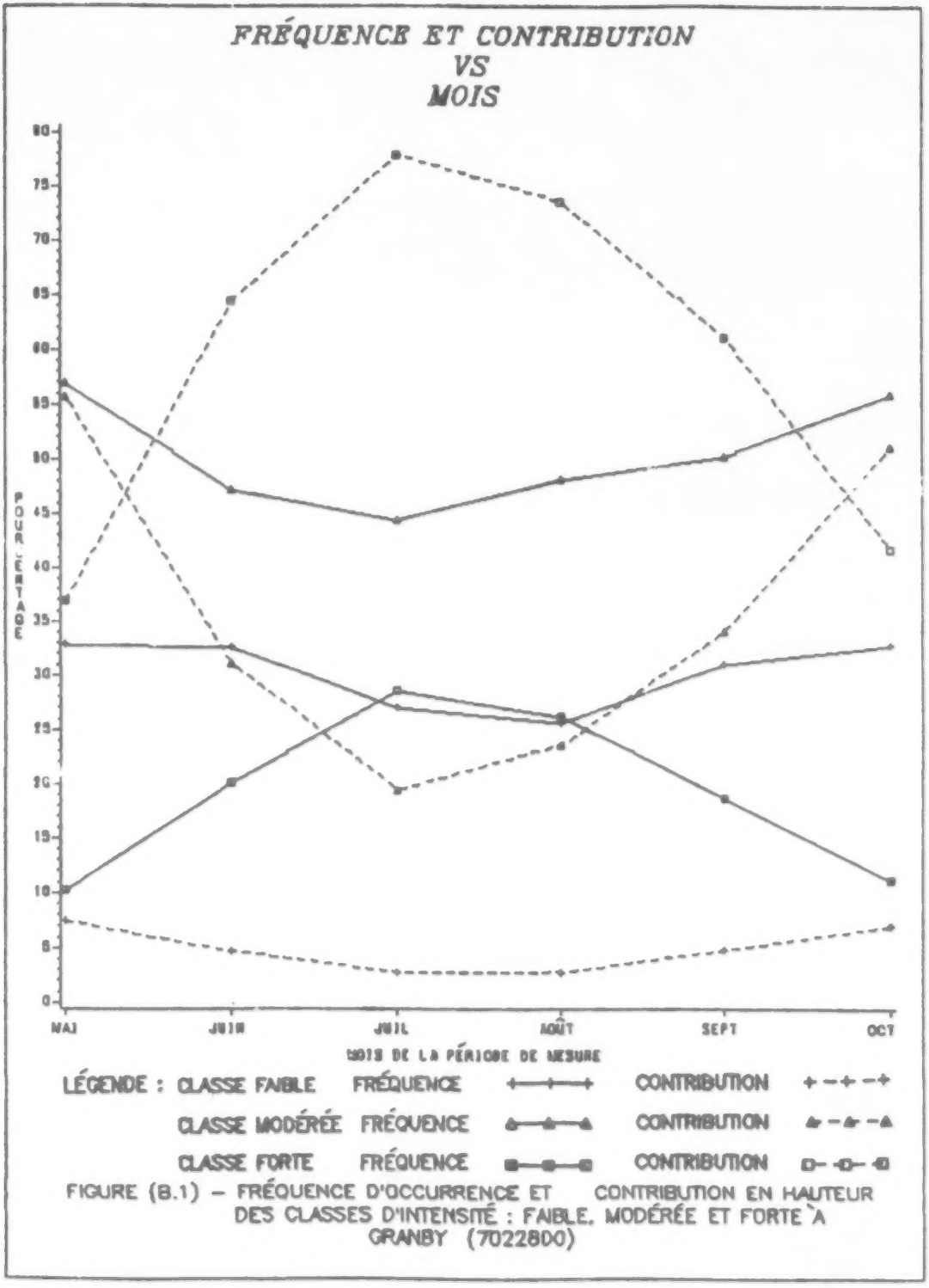

FIGURE (B.1) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À GRANBY (7022800)

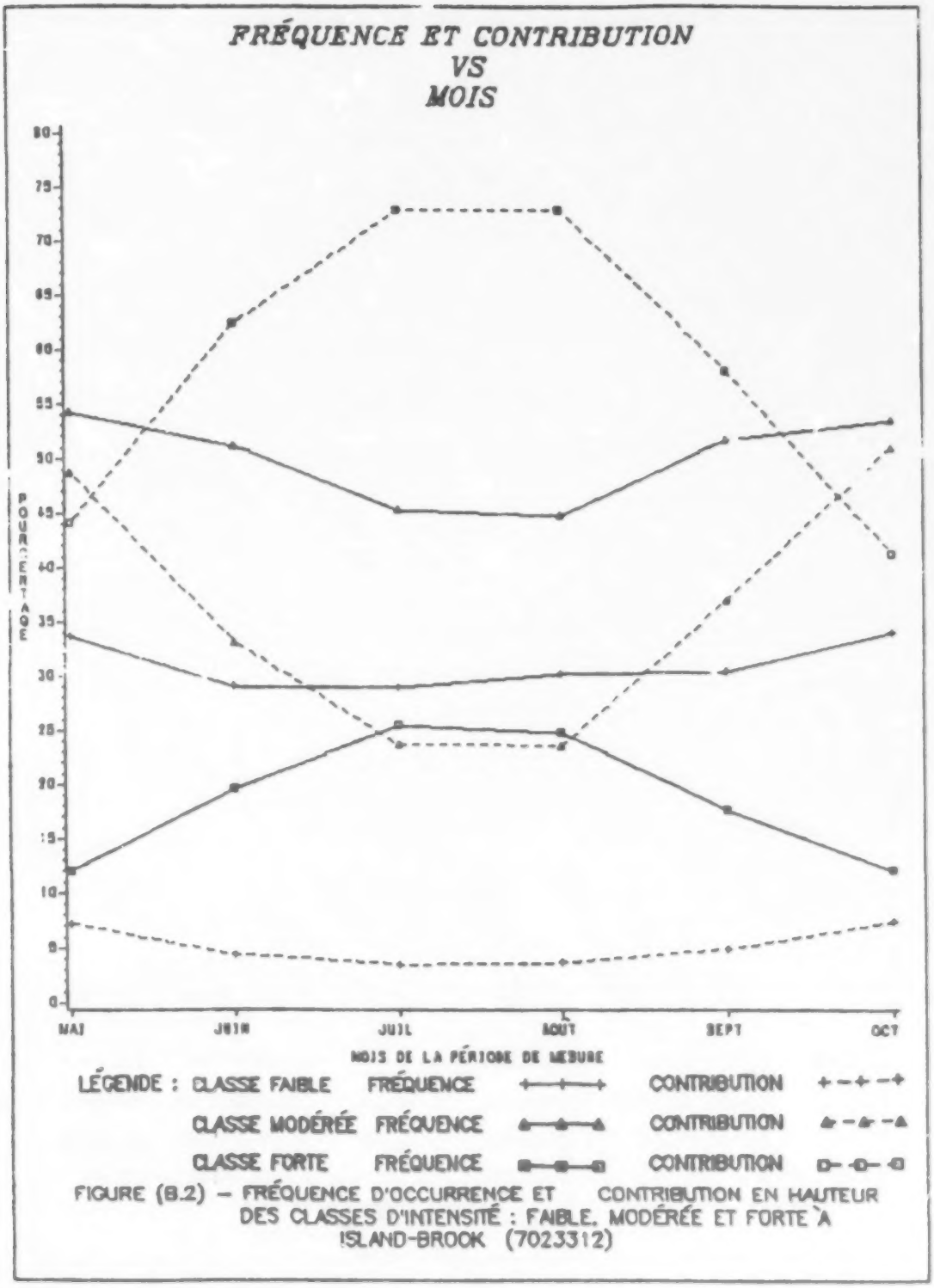

FIGURE (B.2) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À ISLAND-BROOK (7023312)

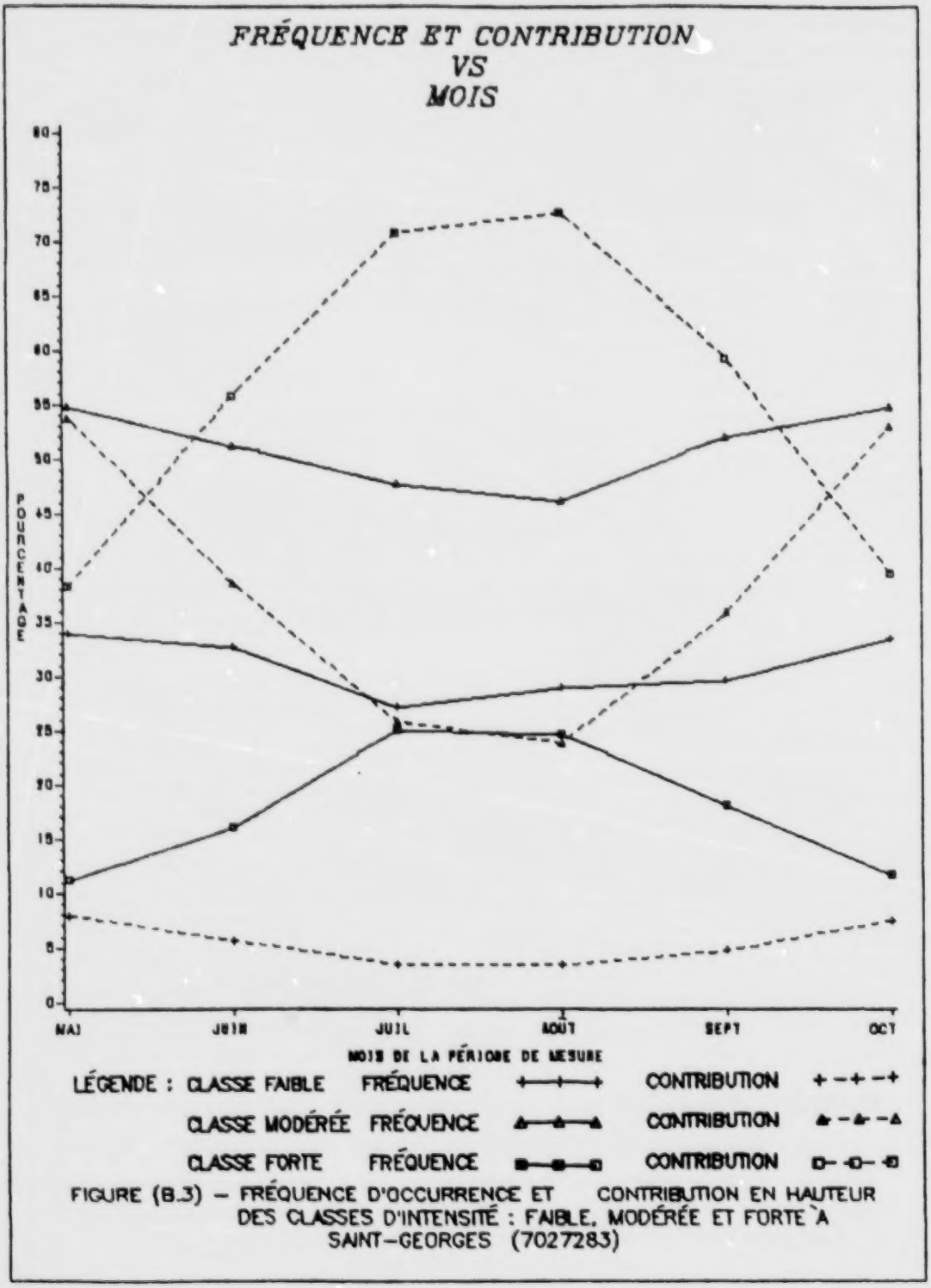

FIGURE (B.3) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À SAINT-GEORGES (7027283)

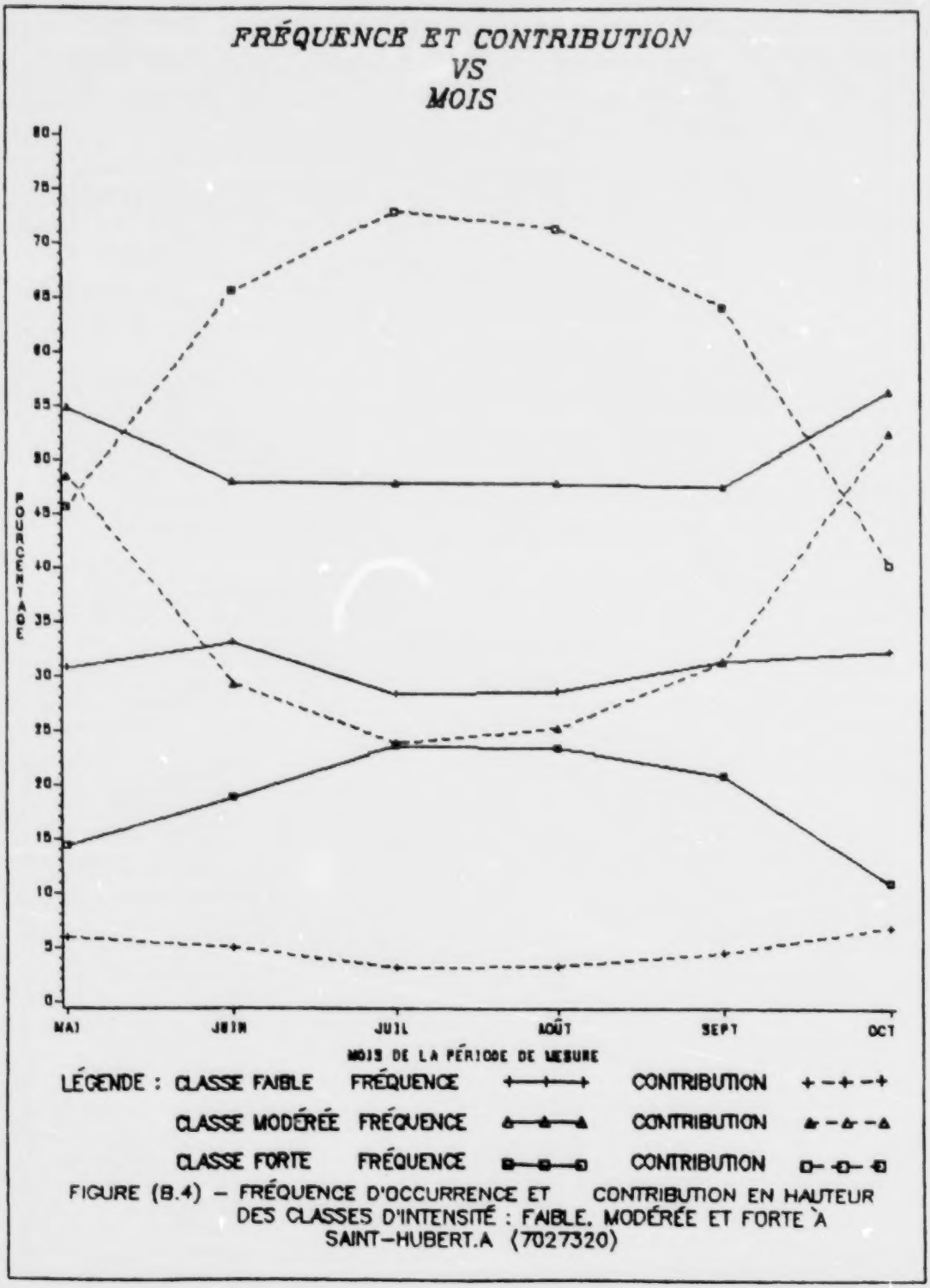

FIGURE (B.4) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À SAINT-HUBERT.A (7027320)

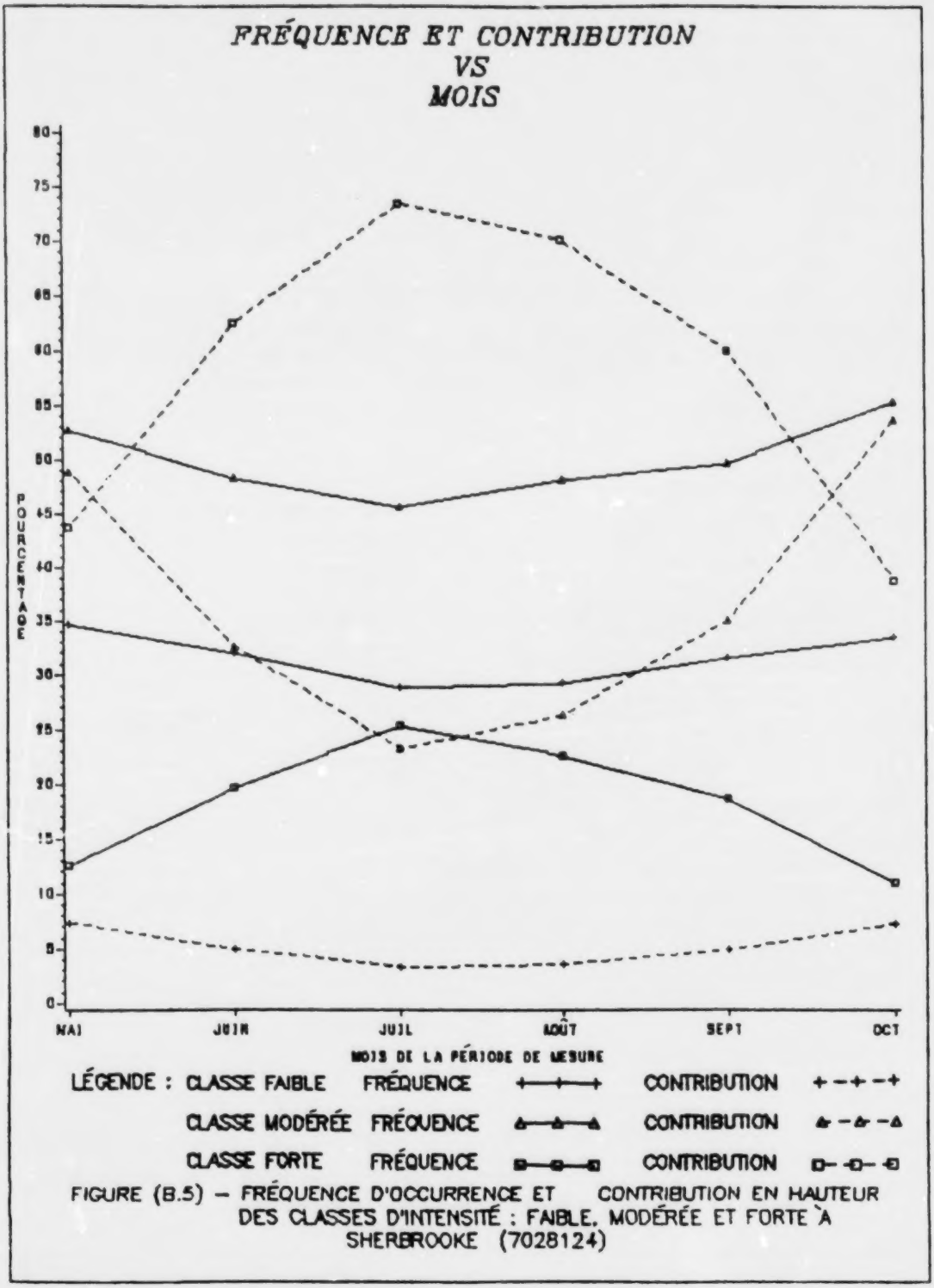

FIGURE (B.5) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À SHERBROOKE (7028124)

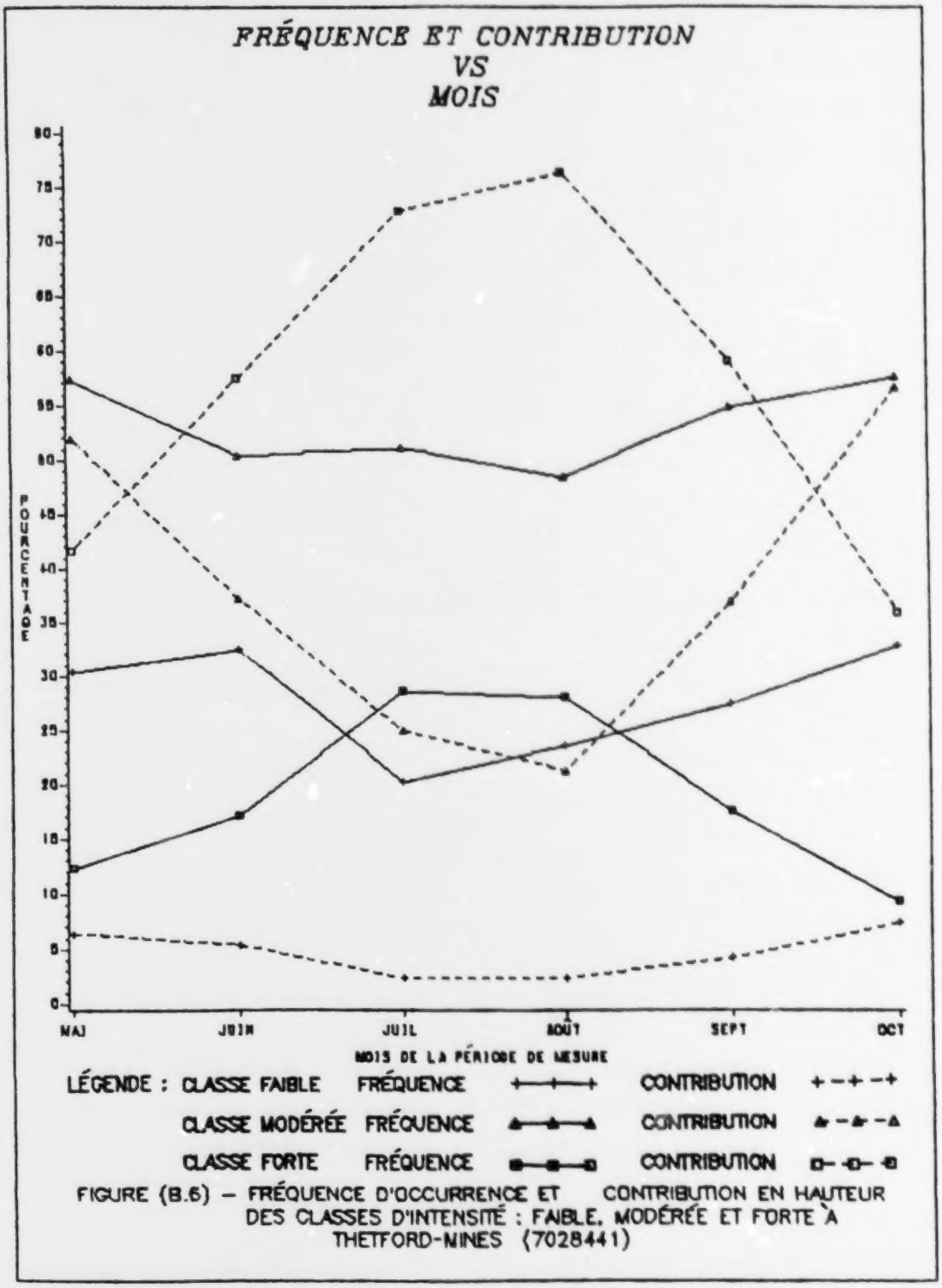

FIGURE (B.6) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À THETFORD-MINES (7028441)

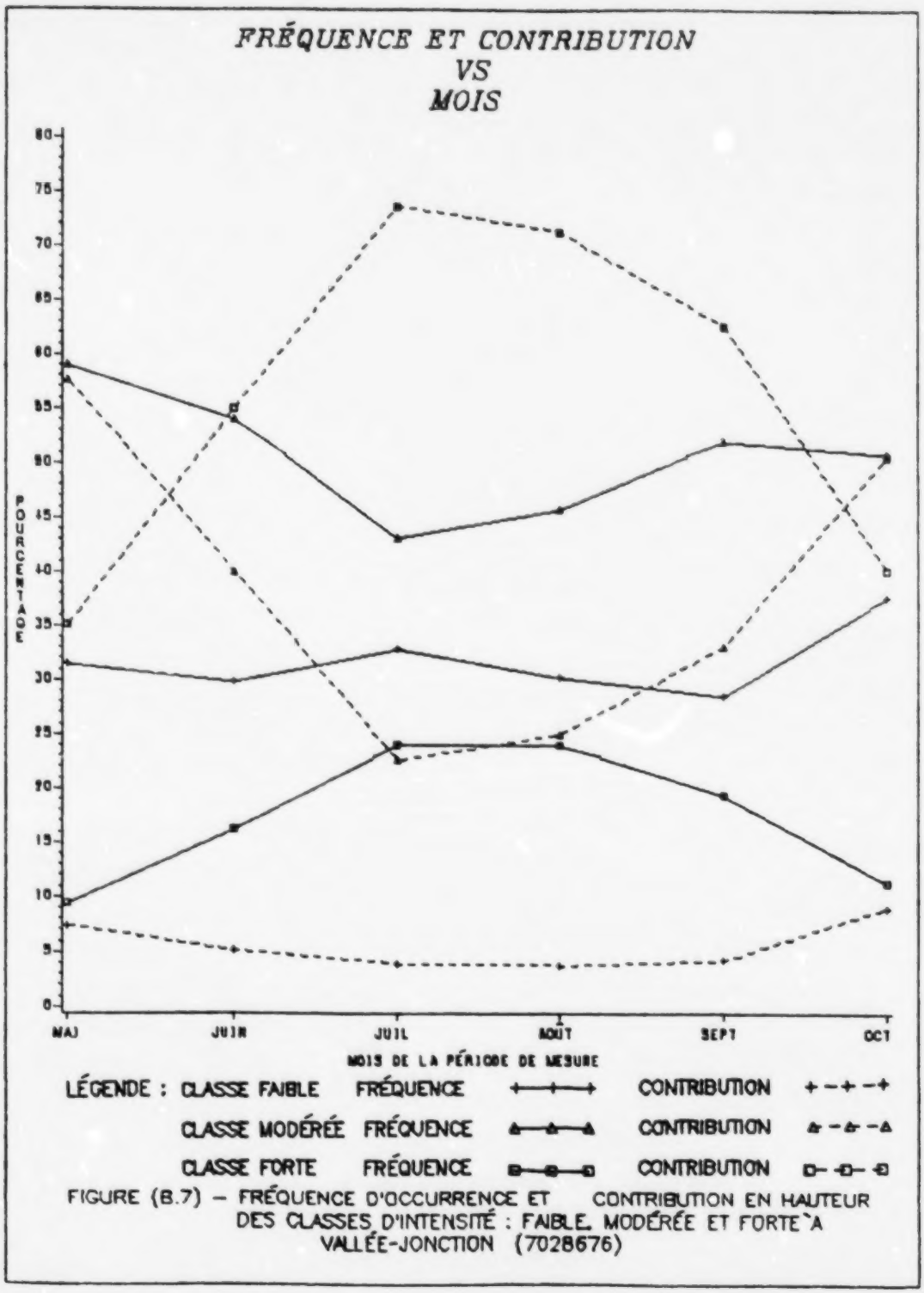

FIGURE (8.7) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DES CLASSES D'INTENSITÉ : FAIBLE, MODÉRÉE ET FORTE À VALLÉE-JONCTION (7028676)

A P P E N D I C E C

FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

FRÉQUENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

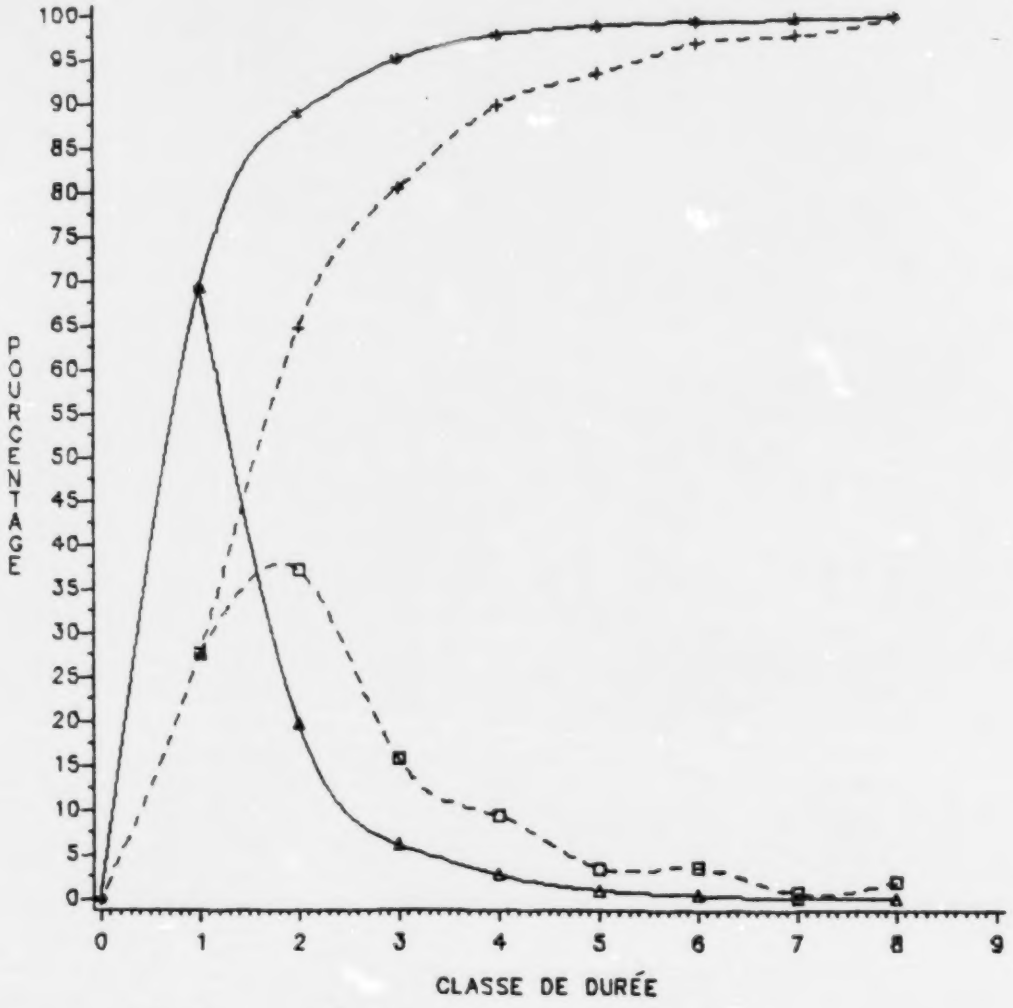

FIGURE (C.1) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À GRANBY (7022800)

FRÉQUENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

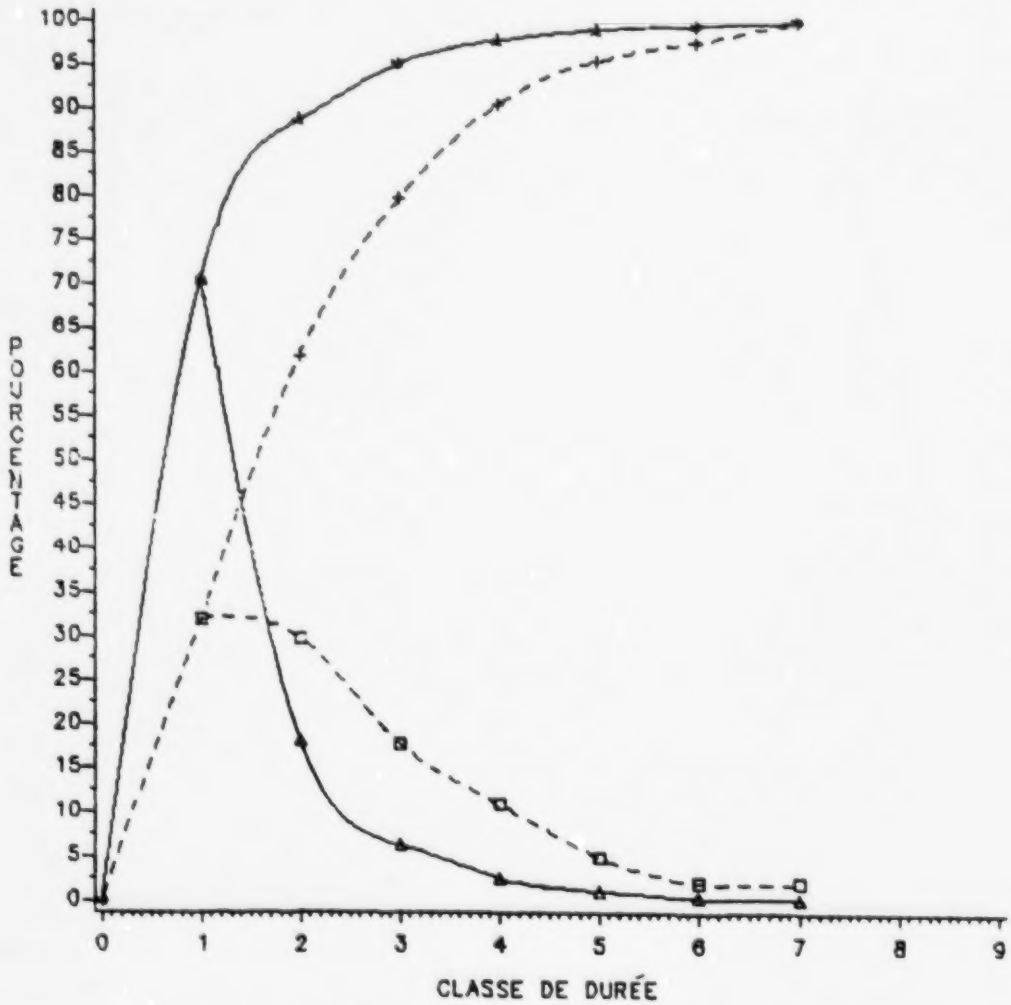

FIGURE (C.2) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À ISLAND-BROOK (7023312)

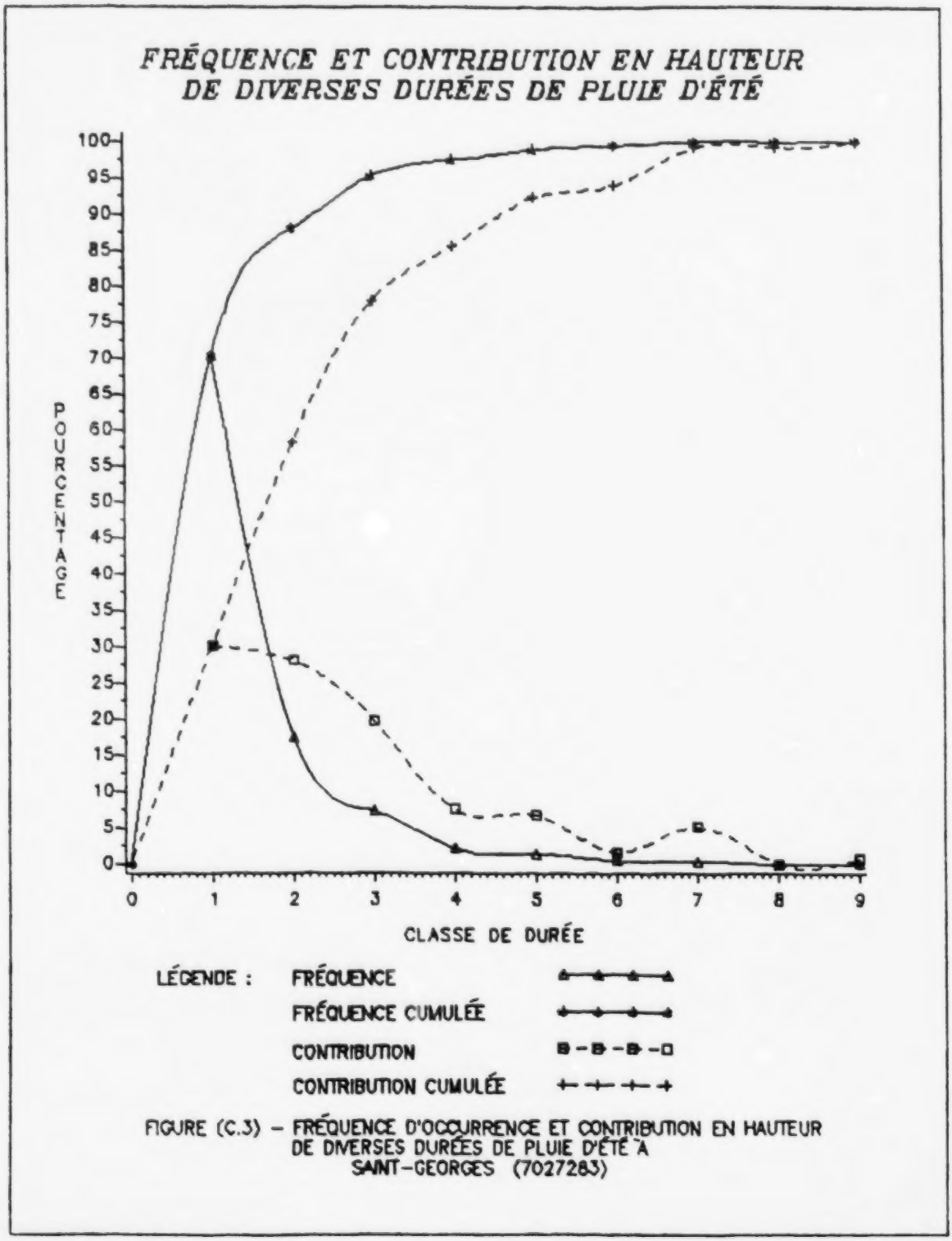

FIGURE (C.3) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À SAINT-GEORGES (7027283)

FRÉQUENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

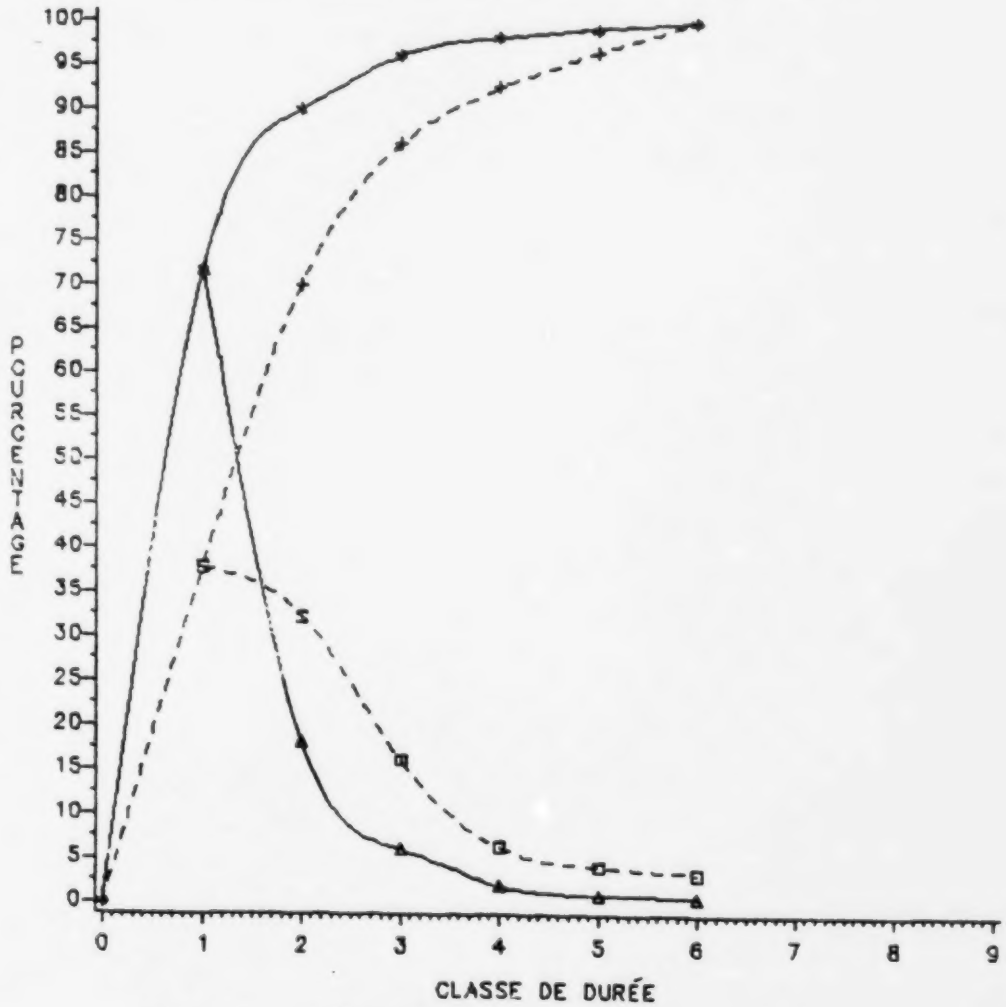

FIGURE (C.4) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À SAINT-HUBERT A (7027320)

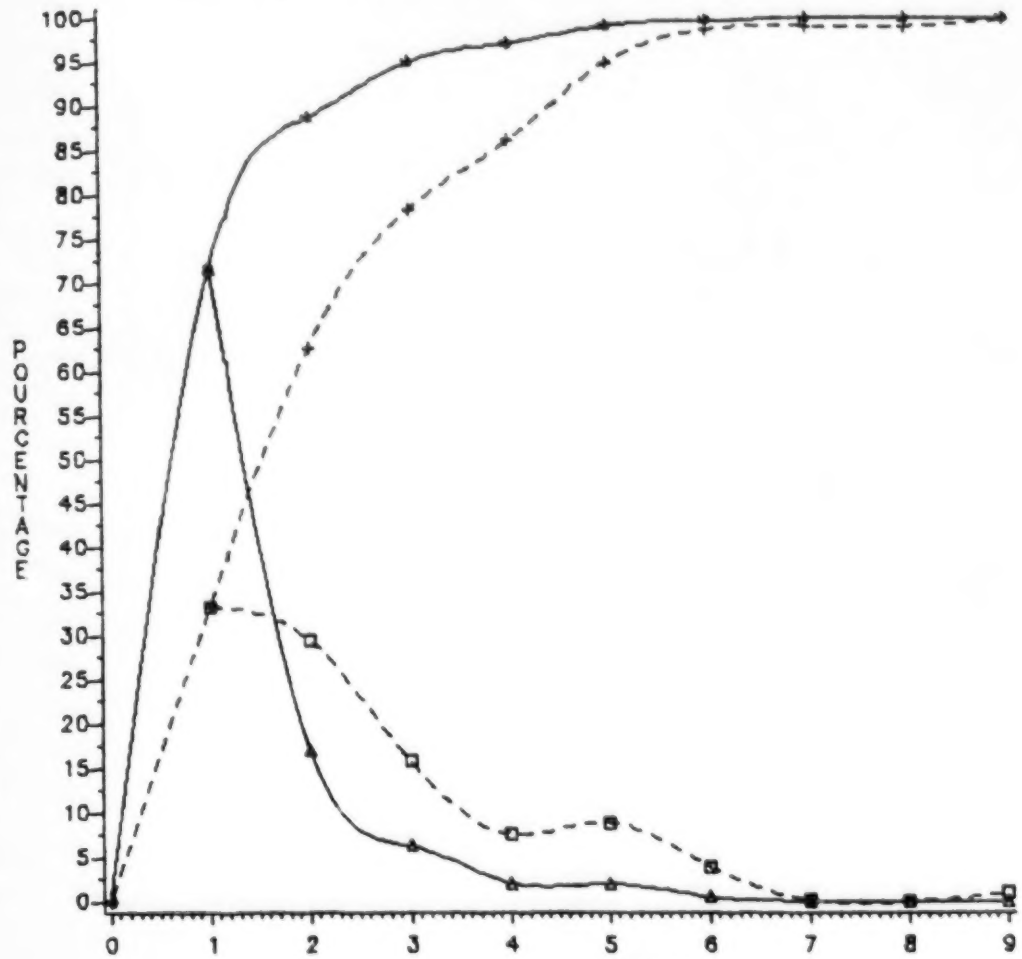

FIGURE (C.5) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À SHERBROOKE (7028124)

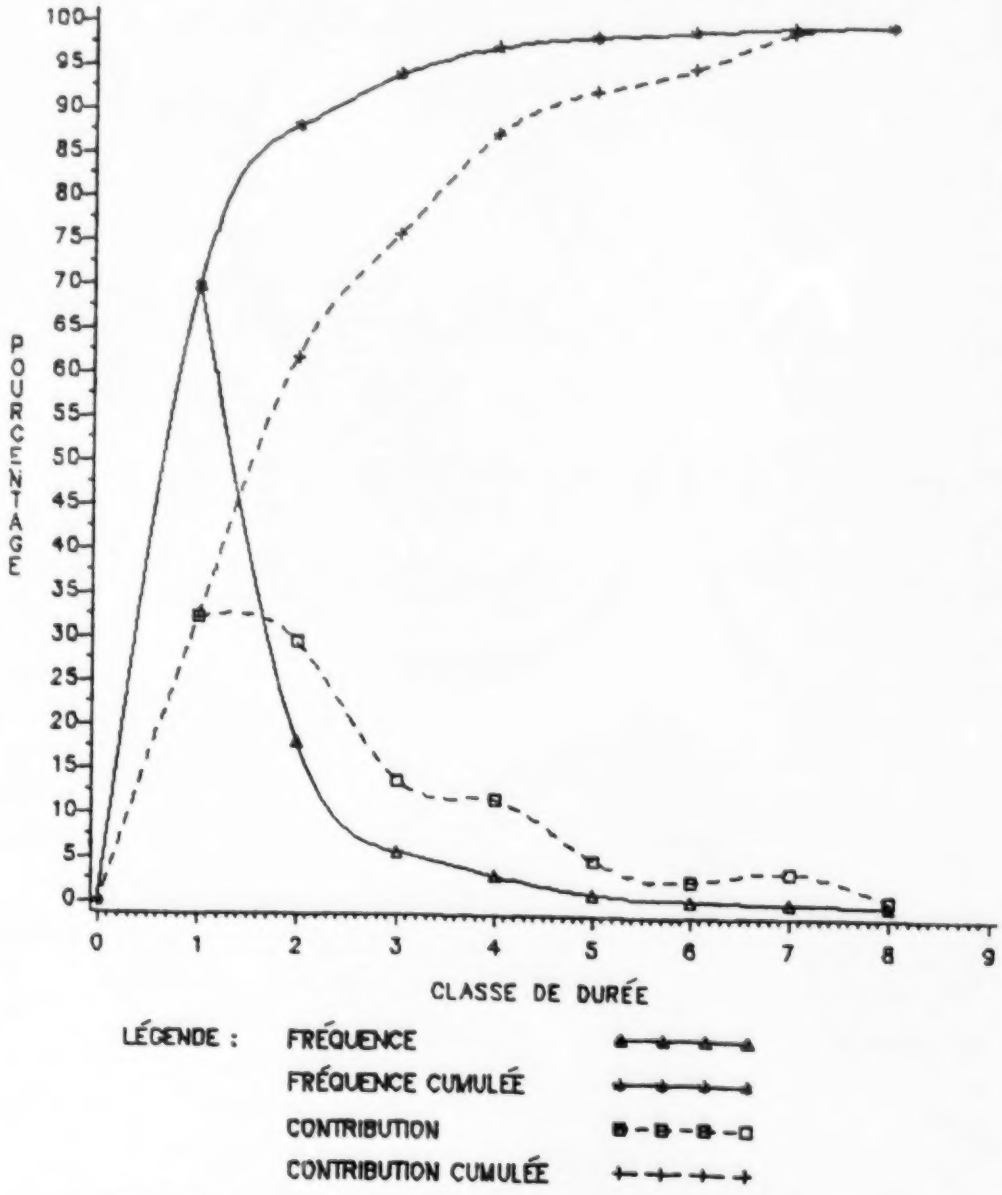

FIGURE (C.6) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À THETFORD-MINES (7028441)

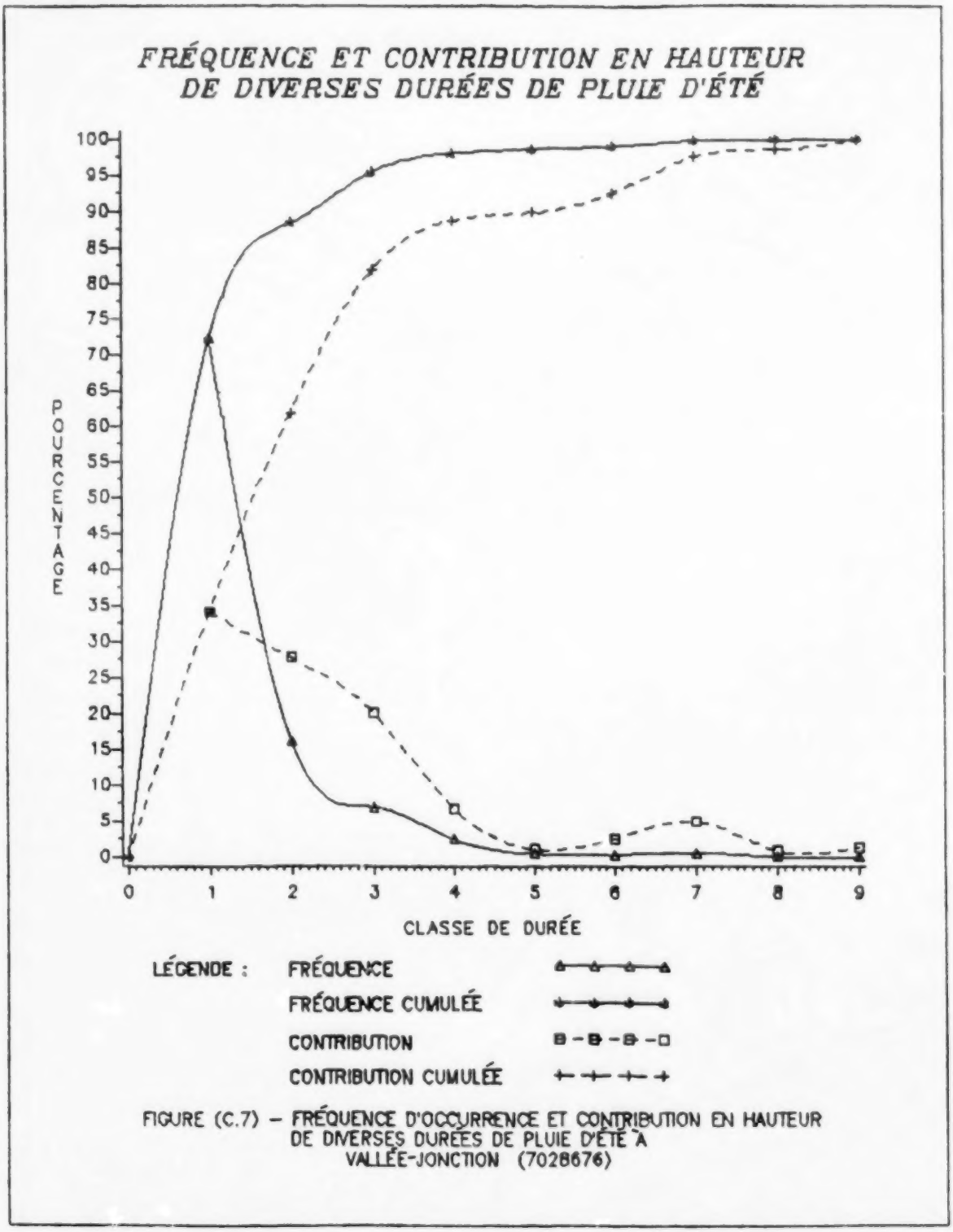

FIGURE (C.7) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ À VALLÉE-JONCTION (7028676)

A P P E N D I C E D

INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE

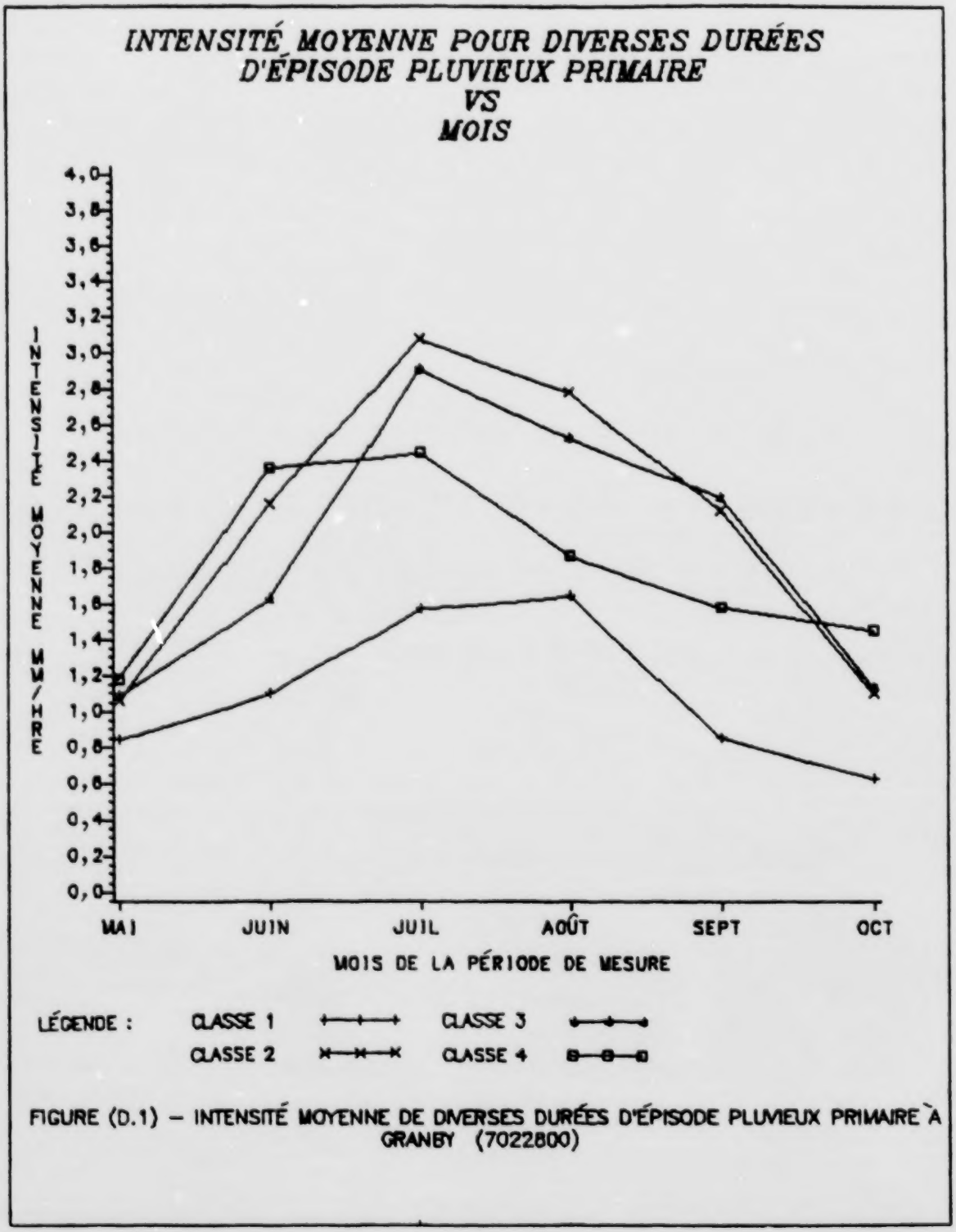

FIGURE (D.1) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À GRANBY (7022800)

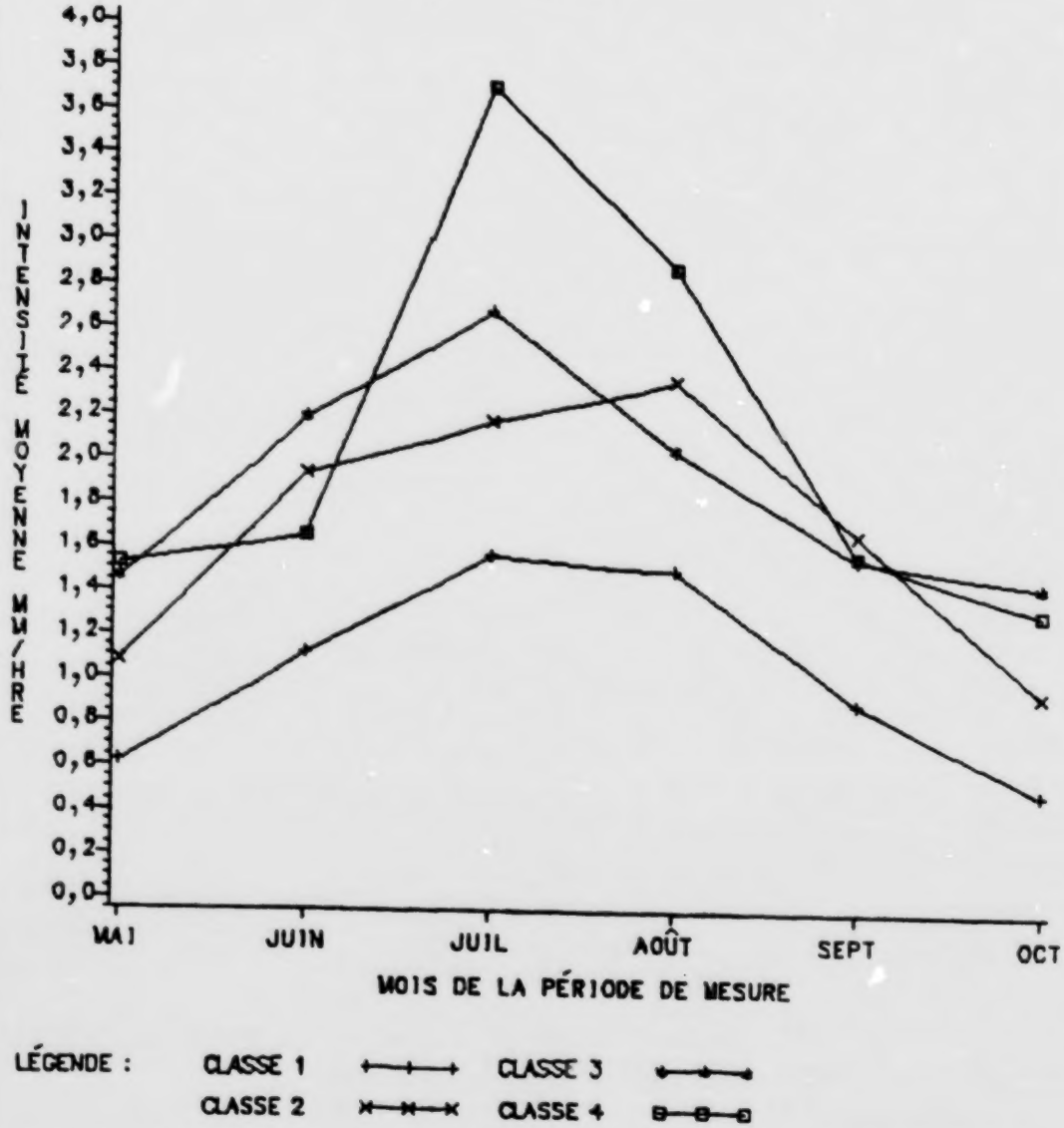

FIGURE (D.2) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À ISLAND-BROOK (7023312)

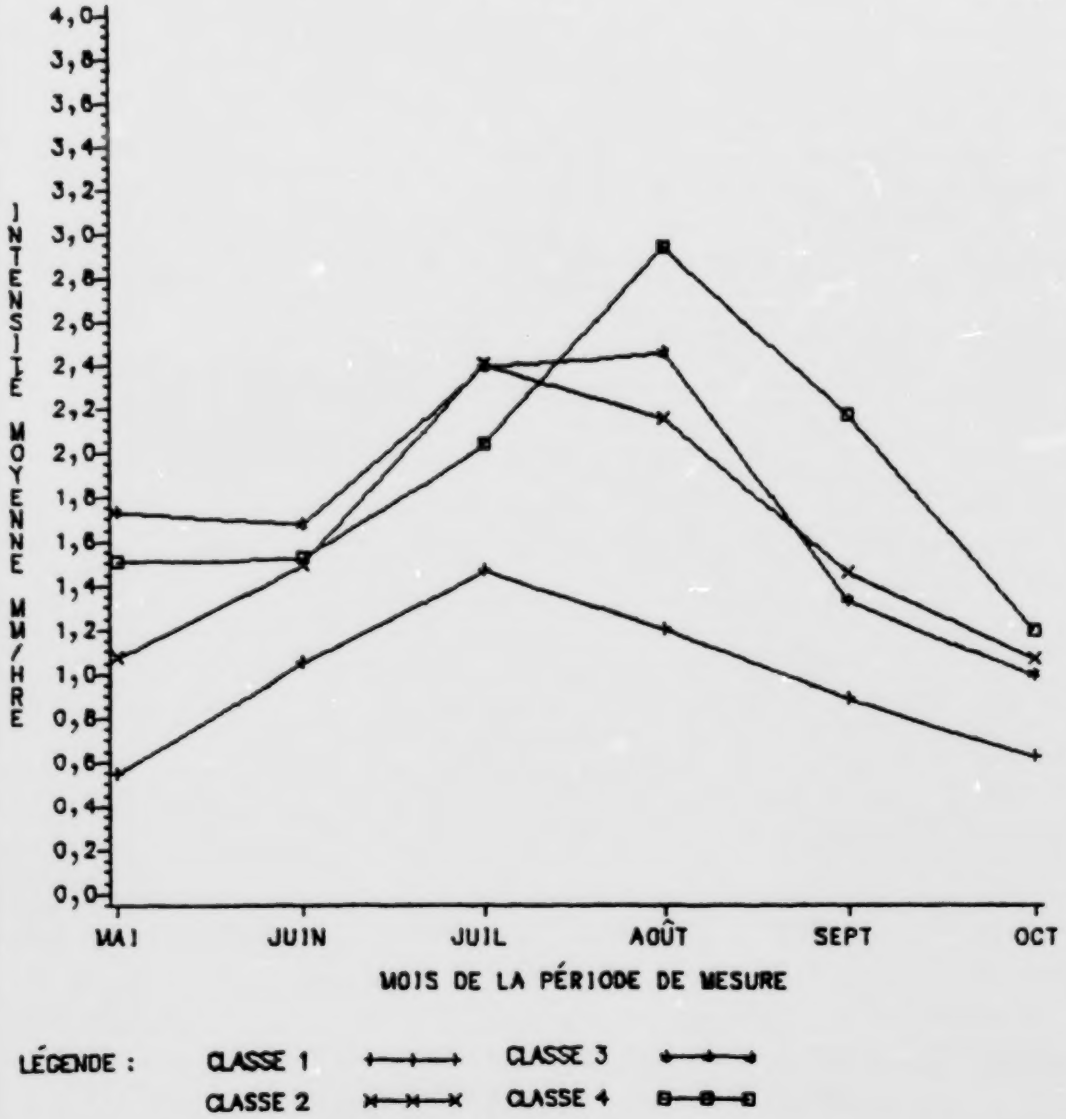

FIGURE (D.3) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-GEORGES (7027283)

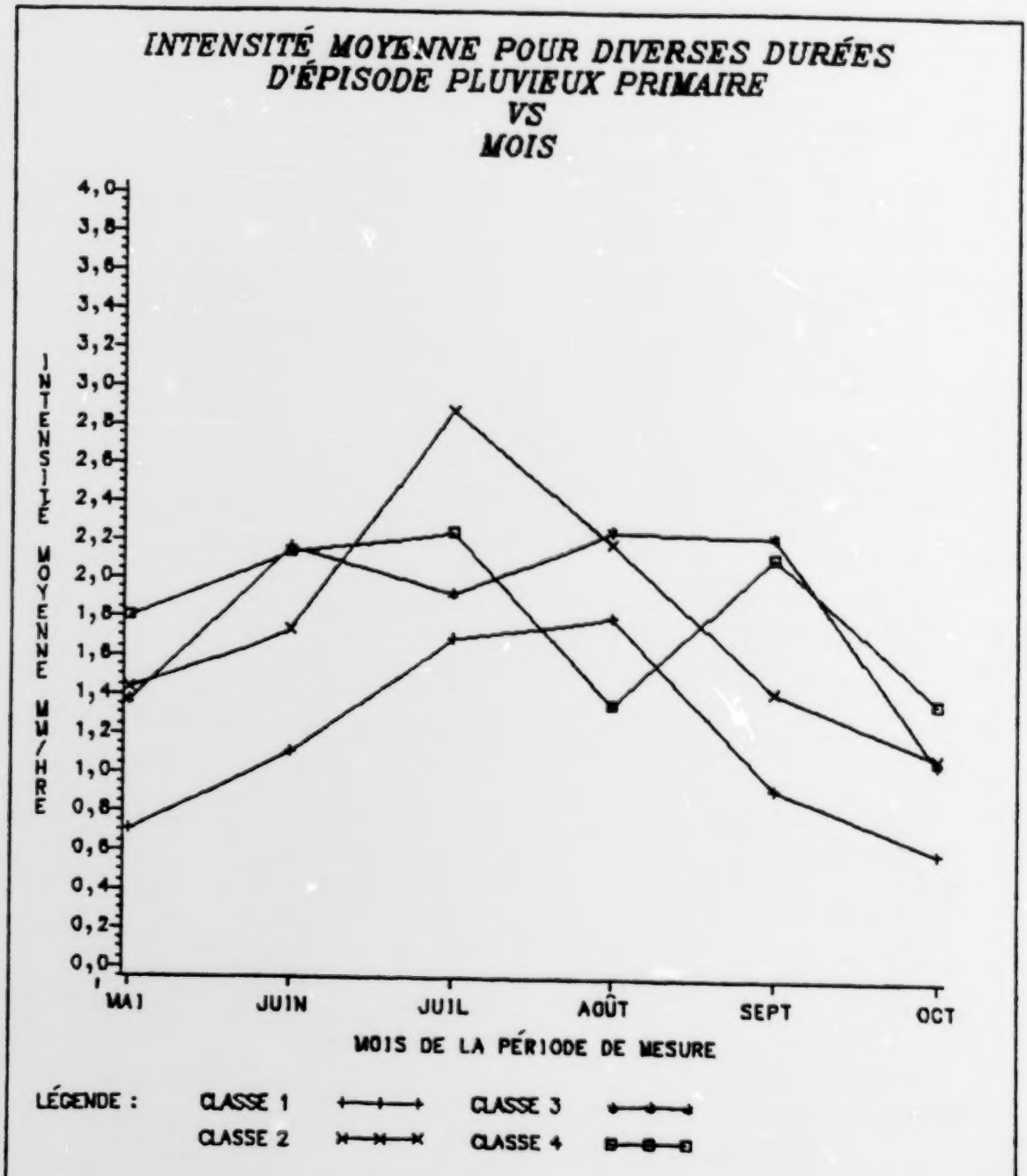

FIGURE (D.4) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-HUBERT.A (7027320)

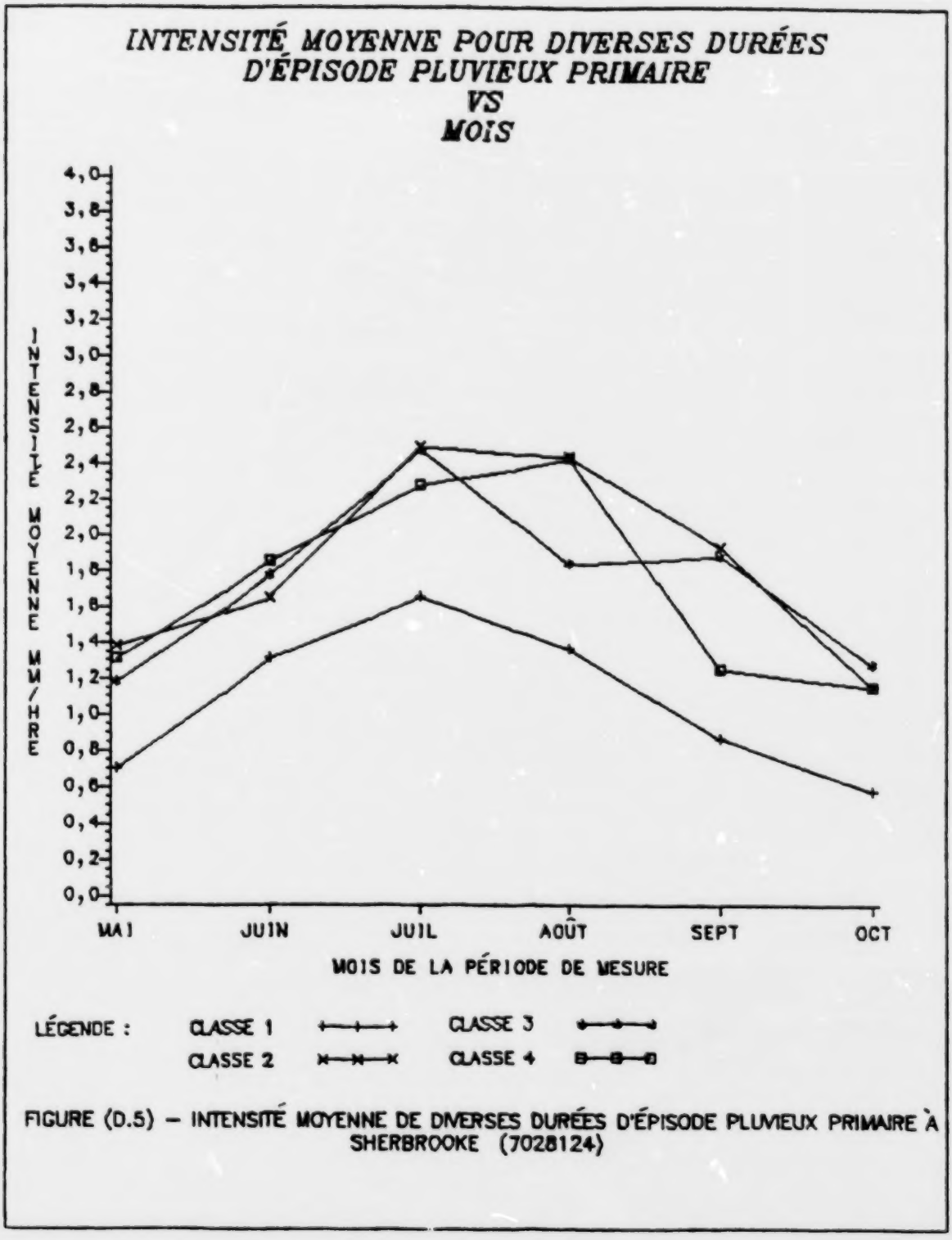

FIGURE (D.5) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SHERBROOKE (7028124)

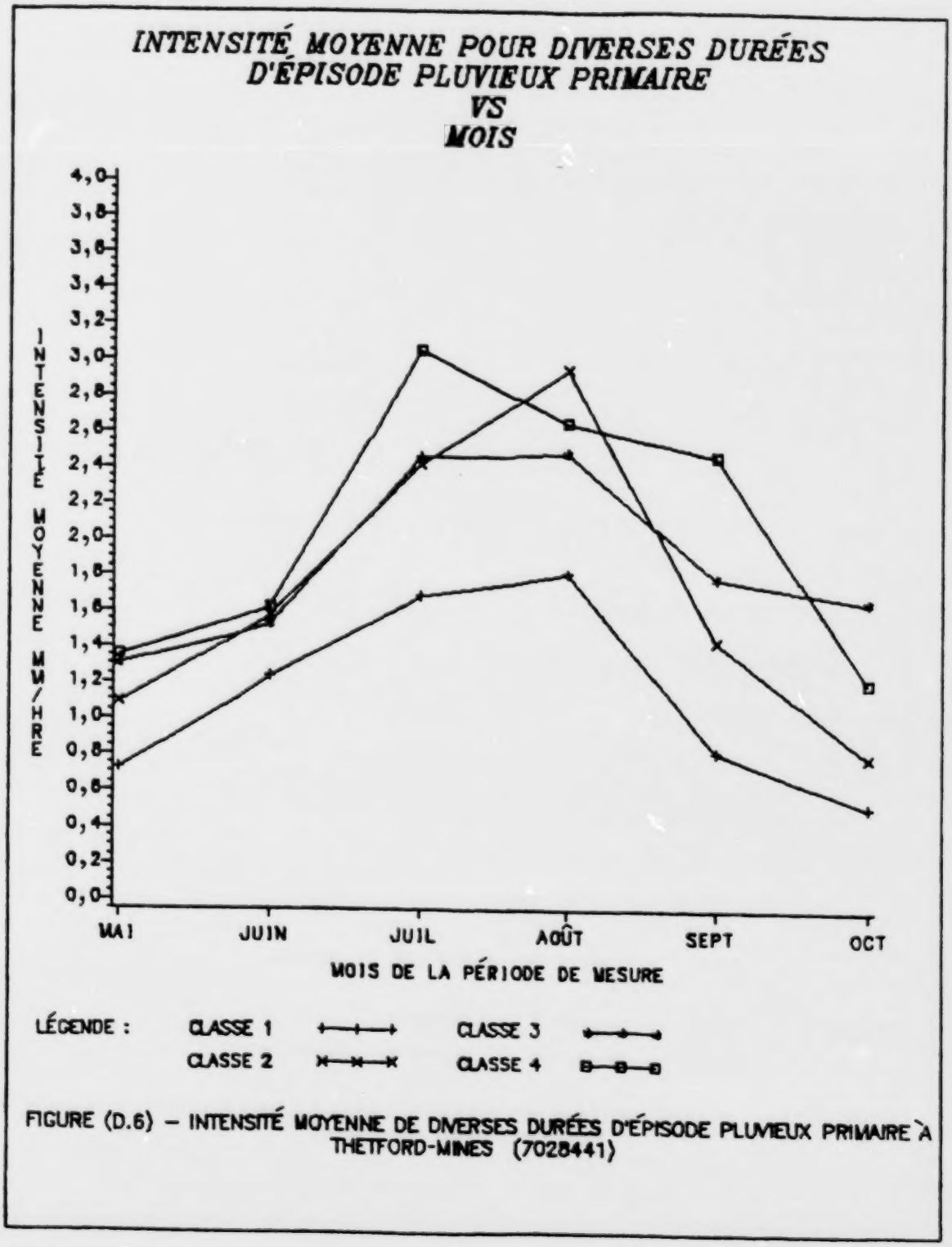

FIGURE (D.6) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À THETFORD-MINES (7028441)

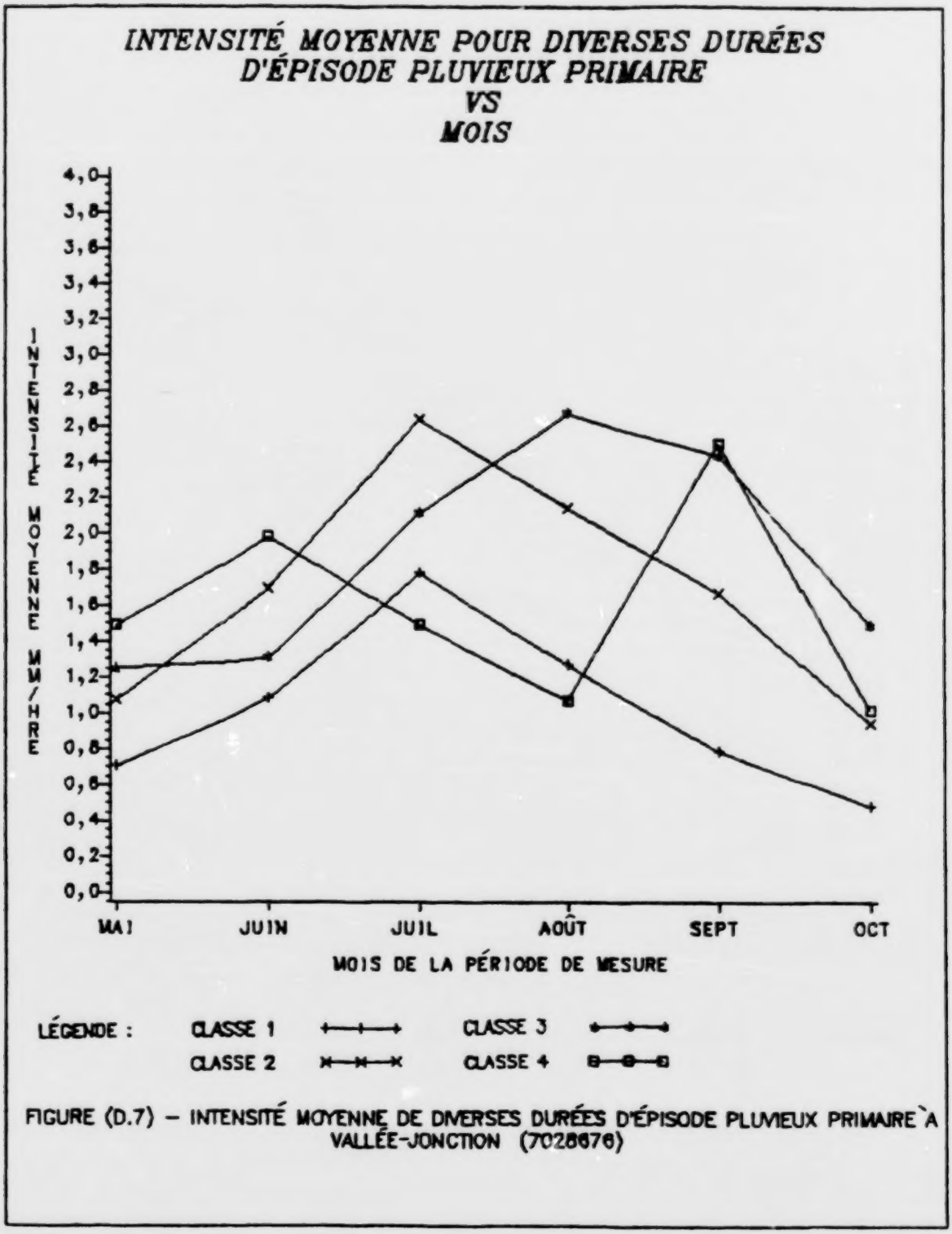

FIGURE (D.7) – INTENSITÉ MOYENNE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À VALLÉE-JONCTION (7028676)

APPENDICE E

INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPOSIDE PLUVIEUX PRIMAIRE

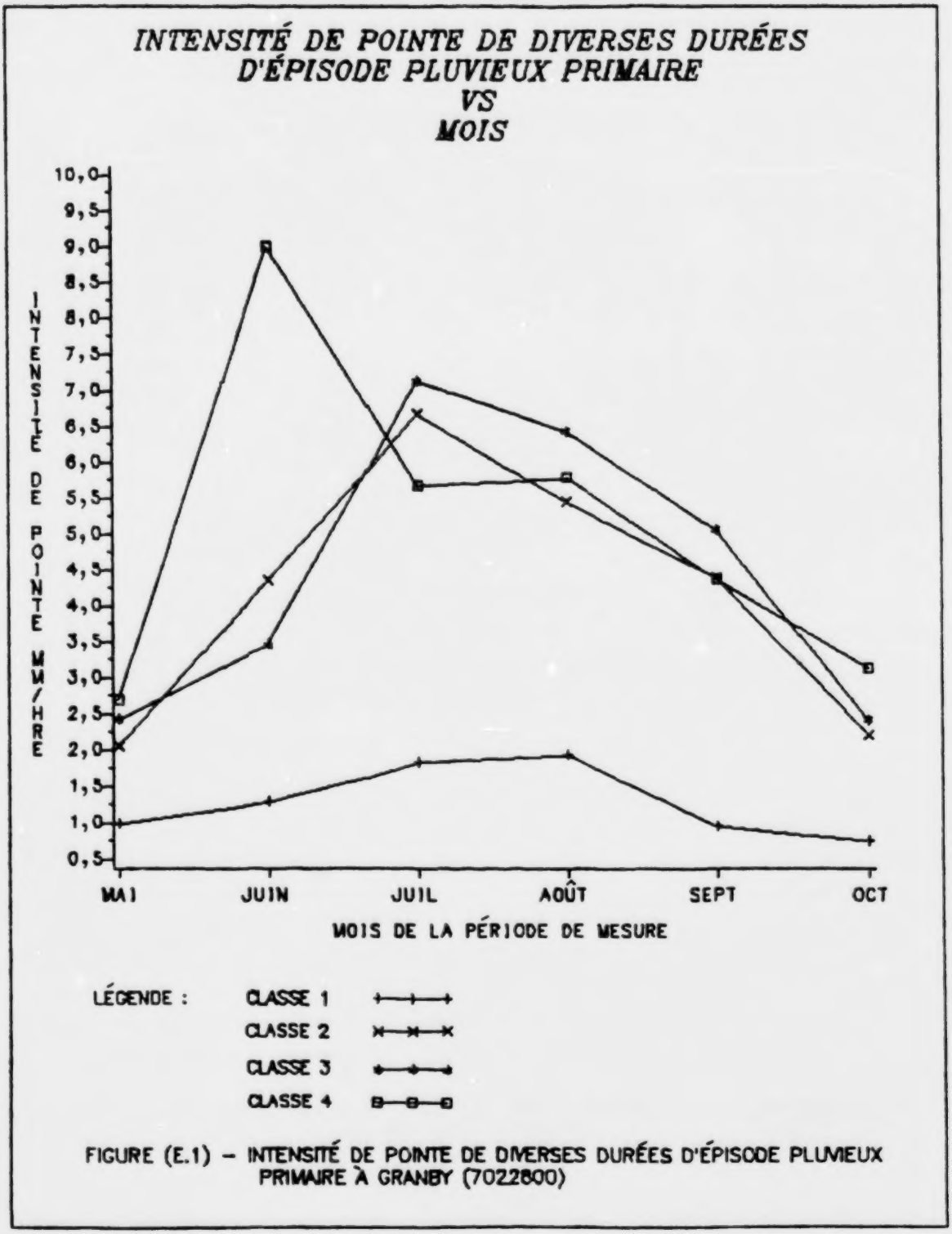

FIGURE (E.1) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À GRANBY (7022800)

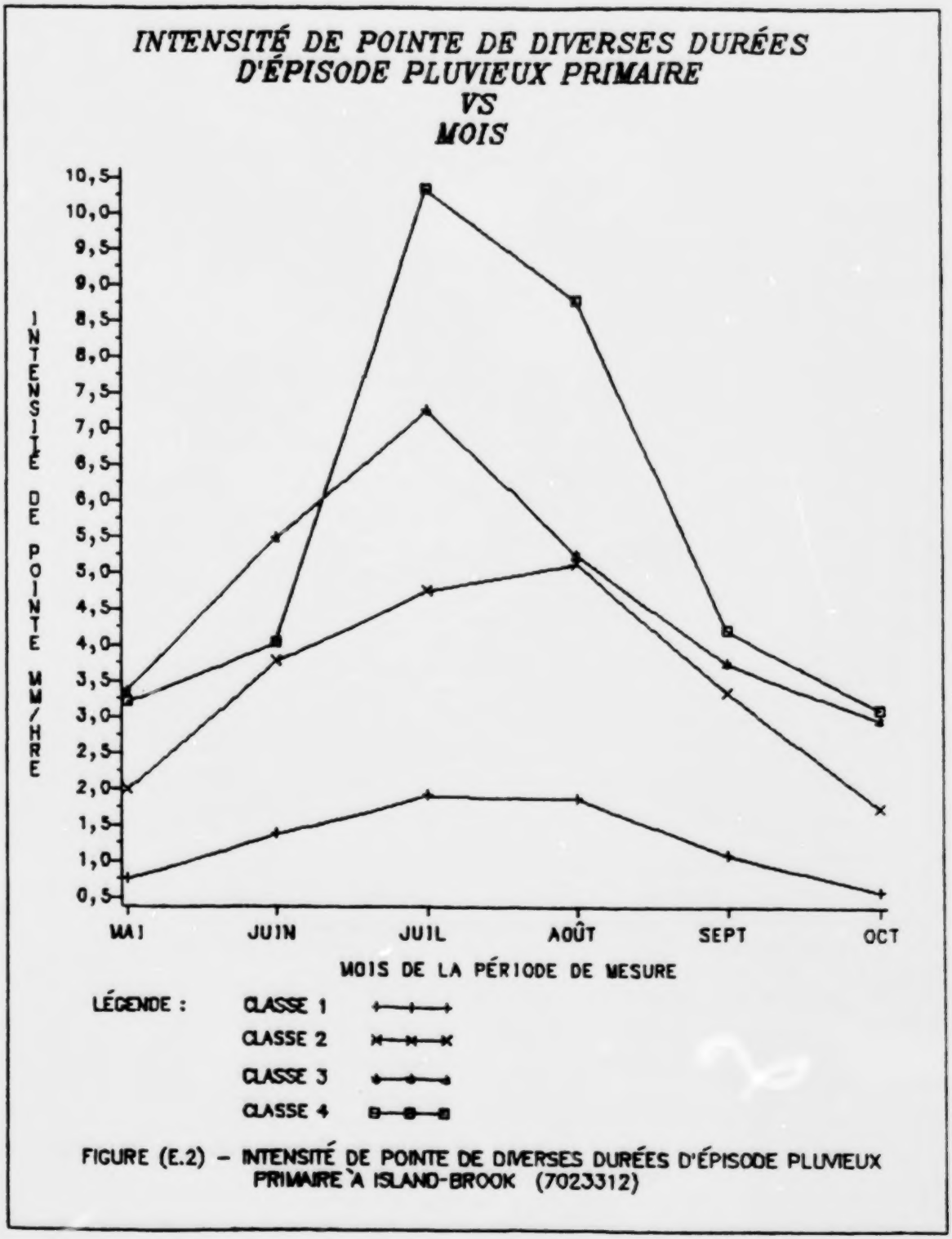

FIGURE (E.2) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À ISLAND-BROOK (7023312)

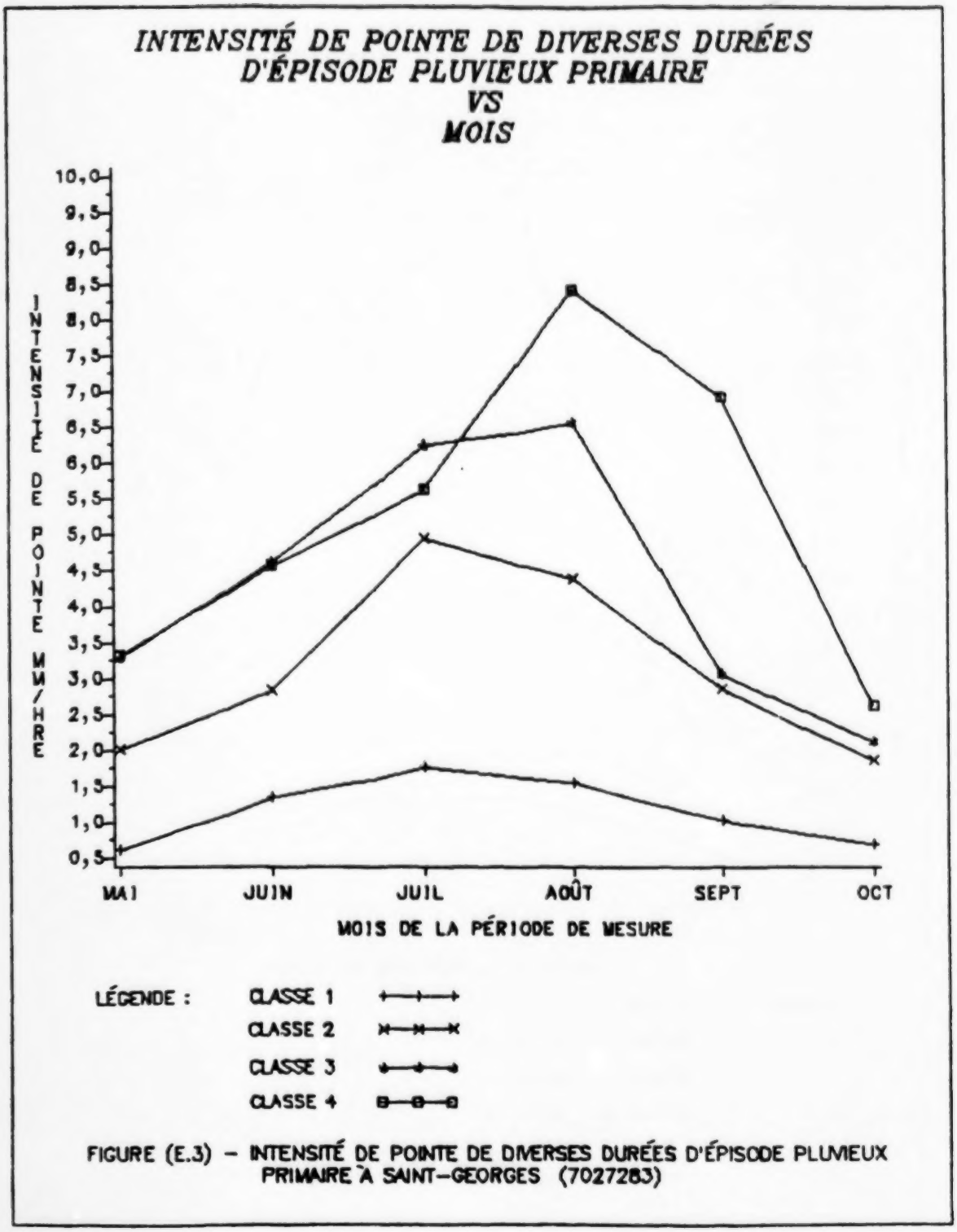

FIGURE (E.3) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-GEORGES (7027283)

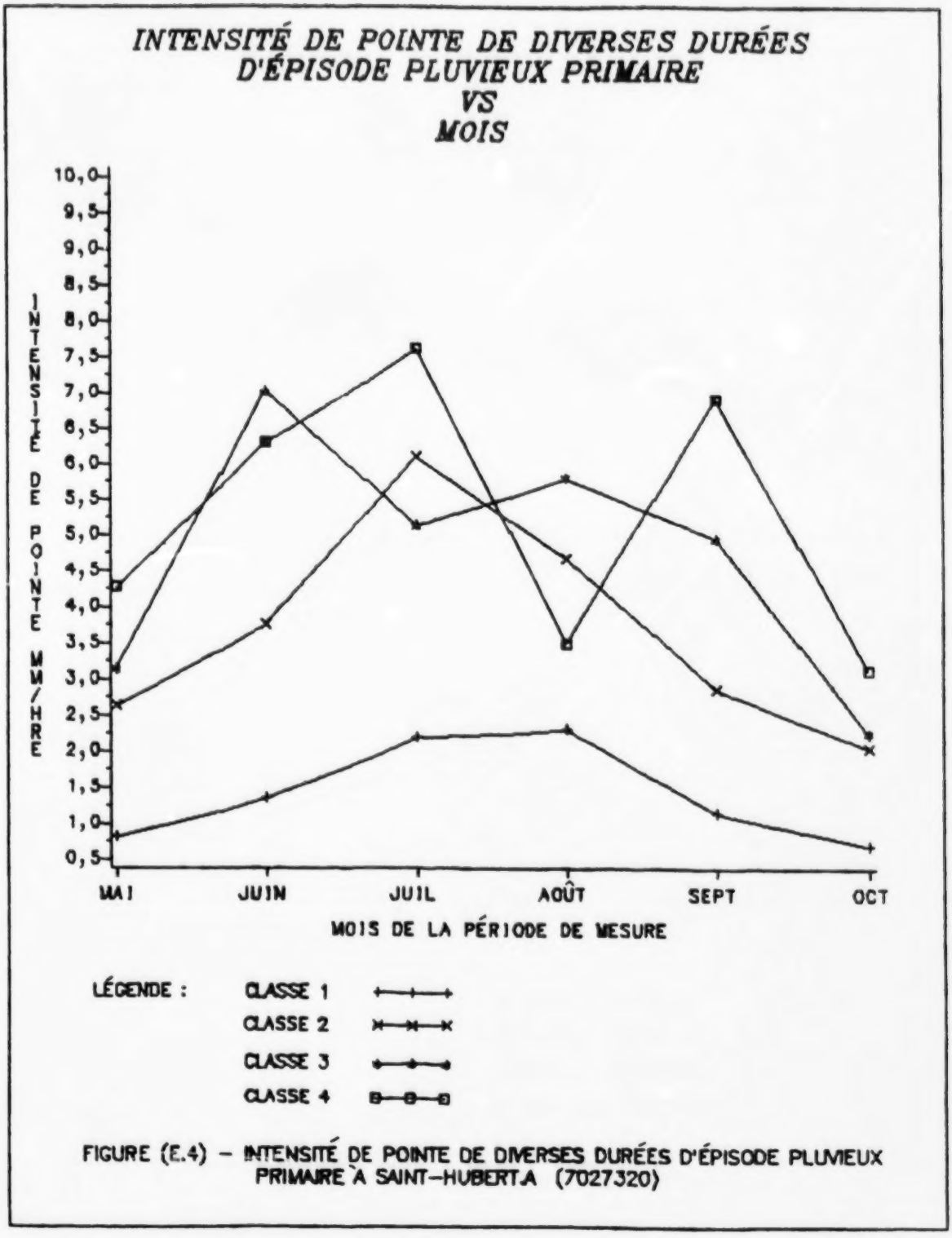

FIGURE (E.4) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-HUBERT A (7027320)

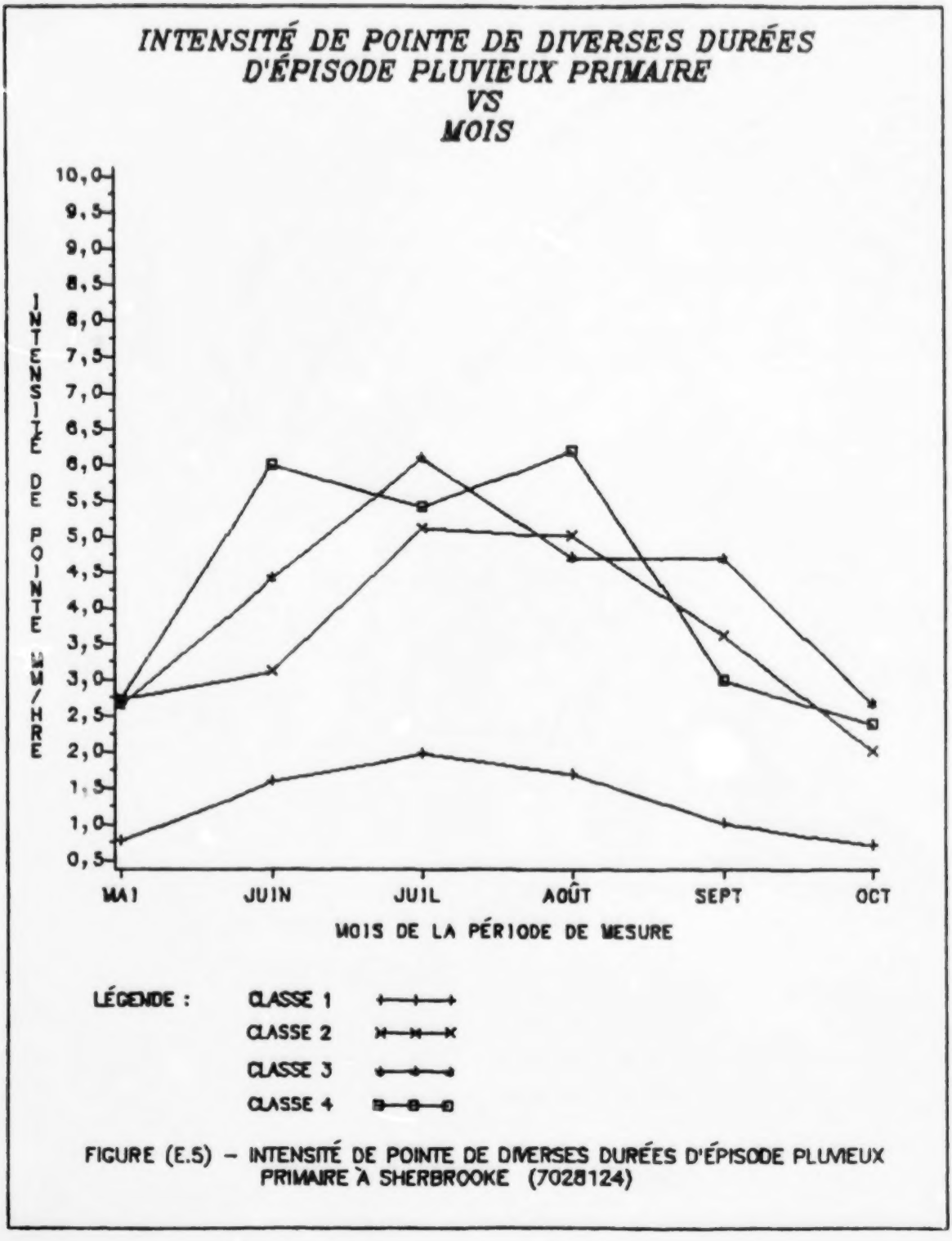

FIGURE (E.5) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SHERBROOKE (7028124)

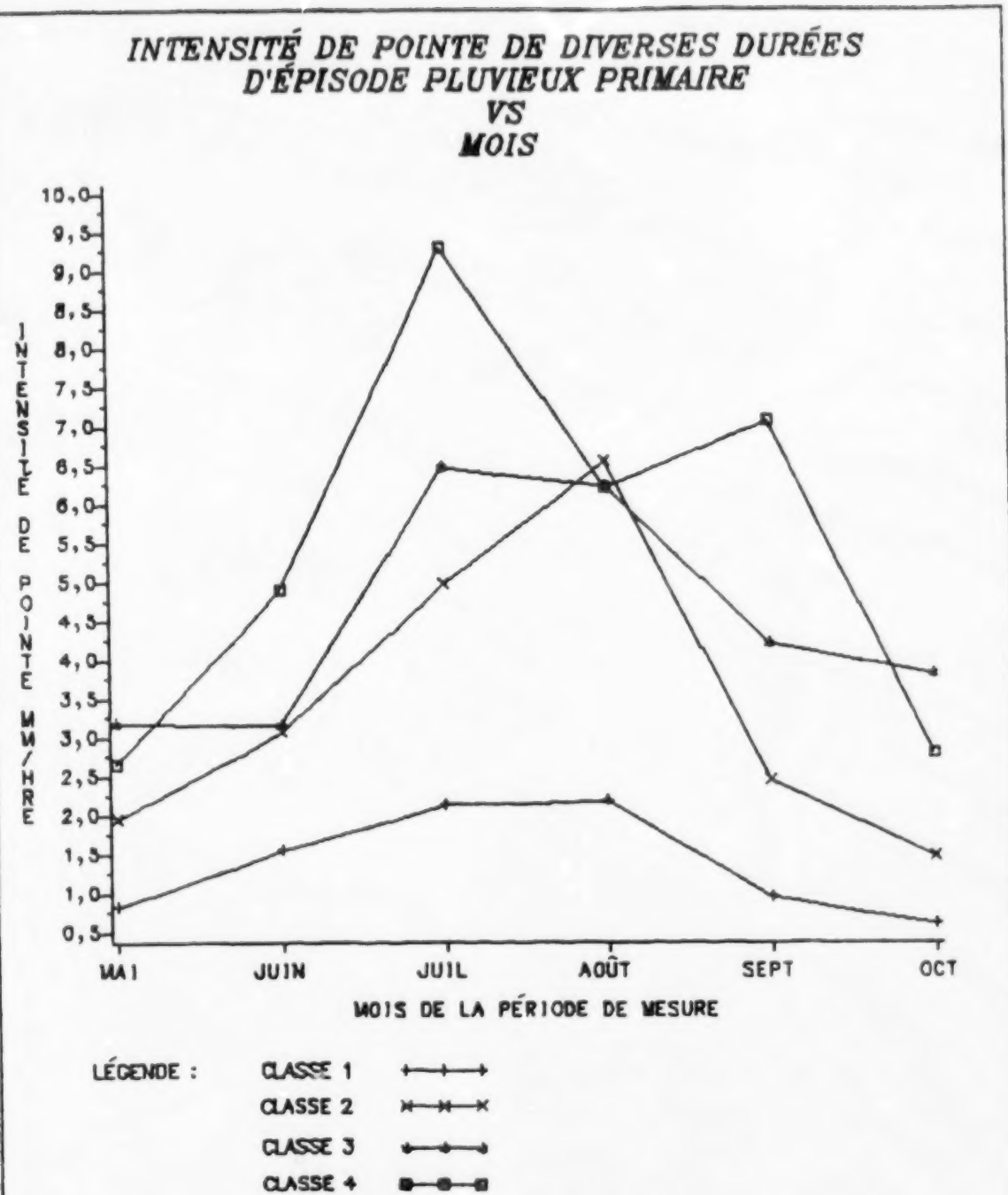

FIGURE (E.6) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À THETFORD-MINES (7028441)

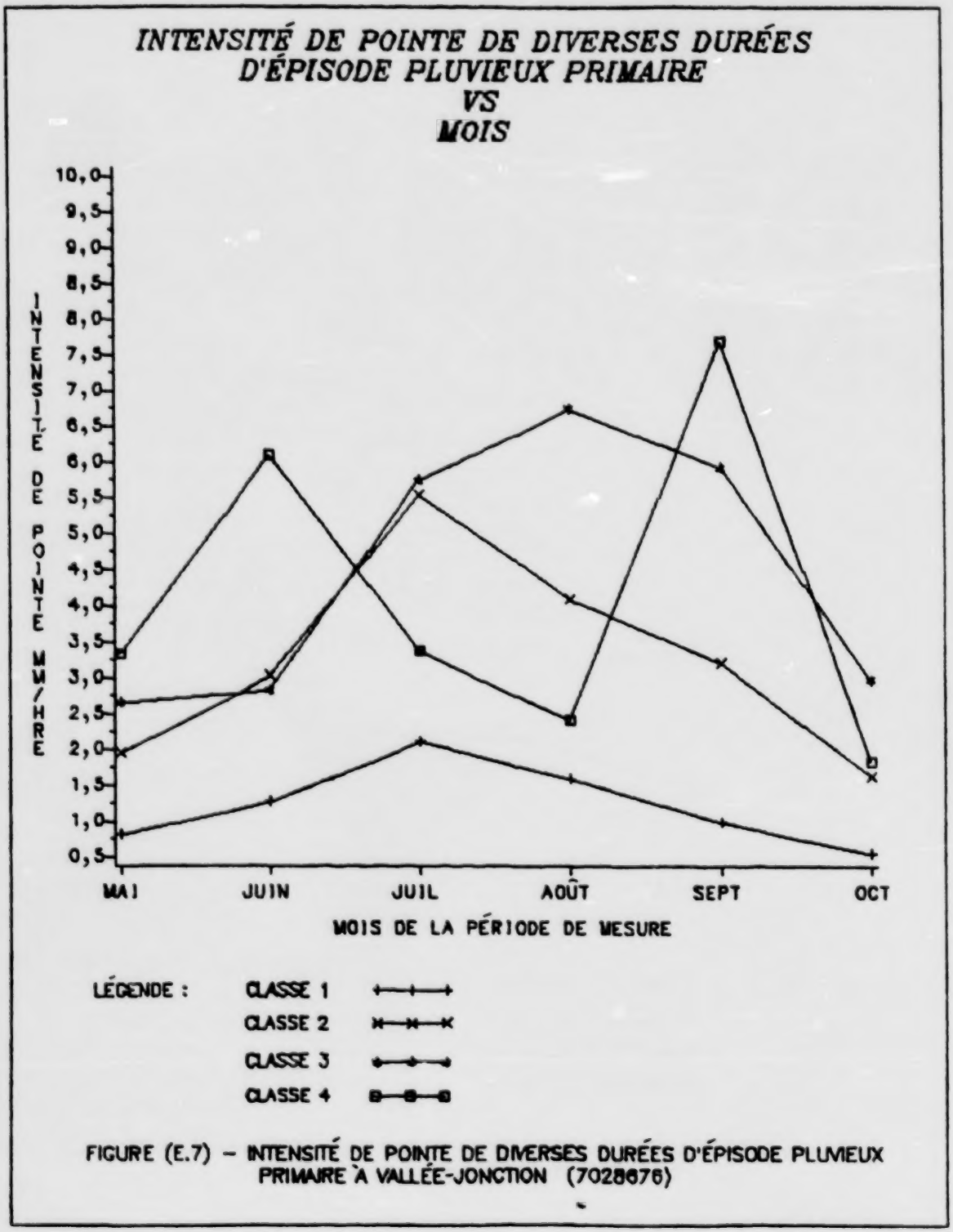

FIGURE (E.7) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À VALLÉE-JONCTION (7028676)

A P P E N D I C E F

TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE

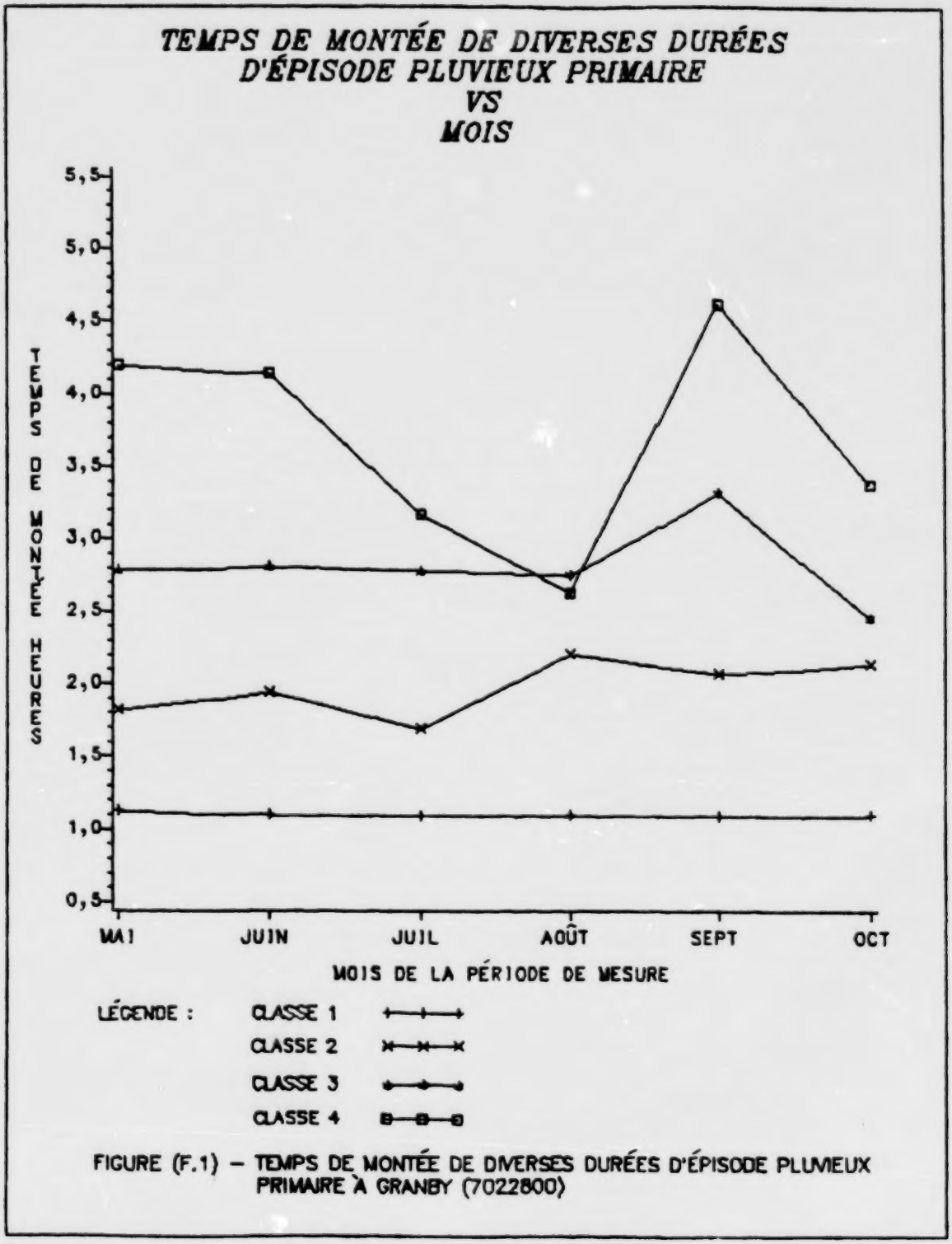

FIGURE (F.1) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À GRANBY (7022800)

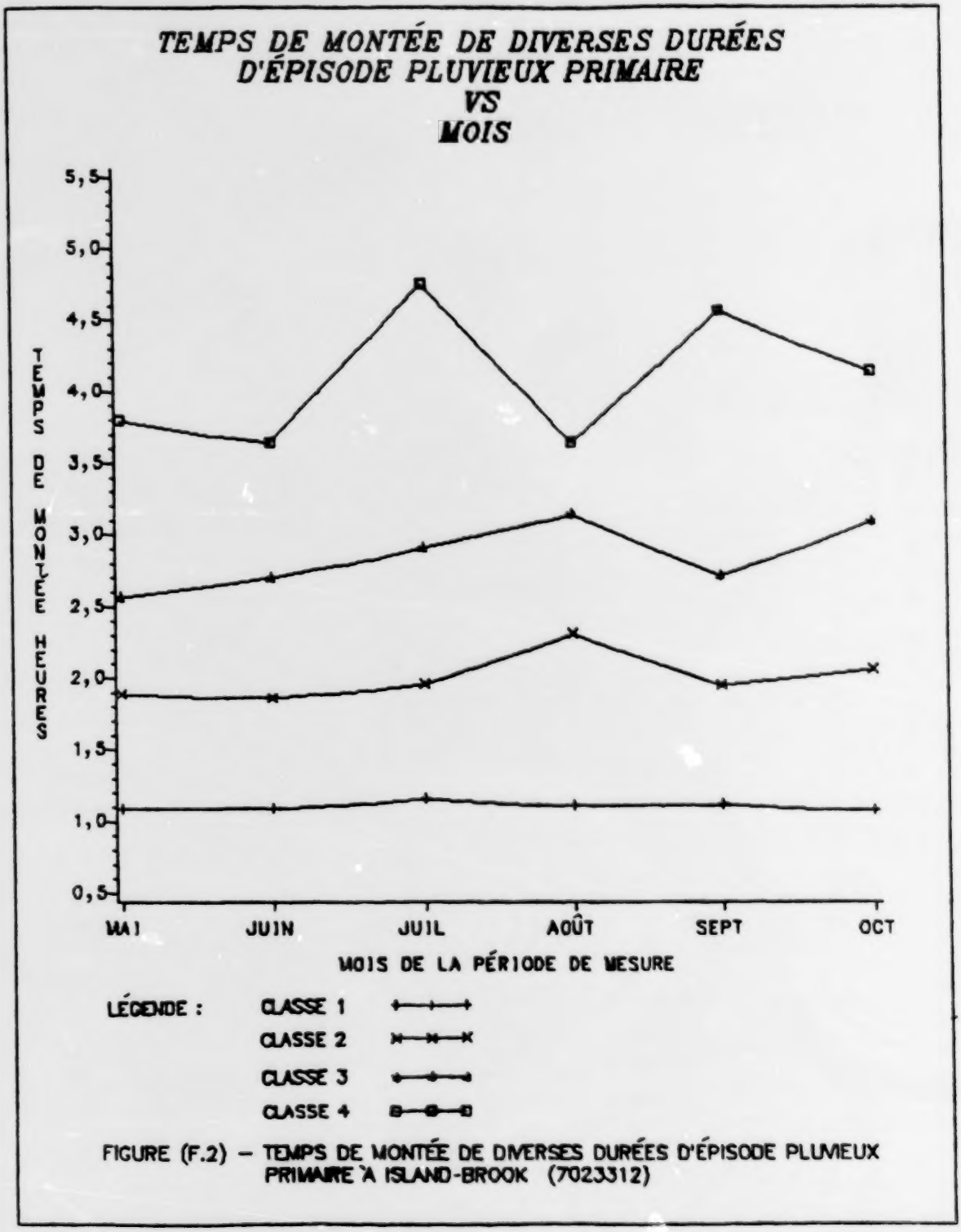

FIGURE (F.2) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À ISLAND-BROOK (7023312)

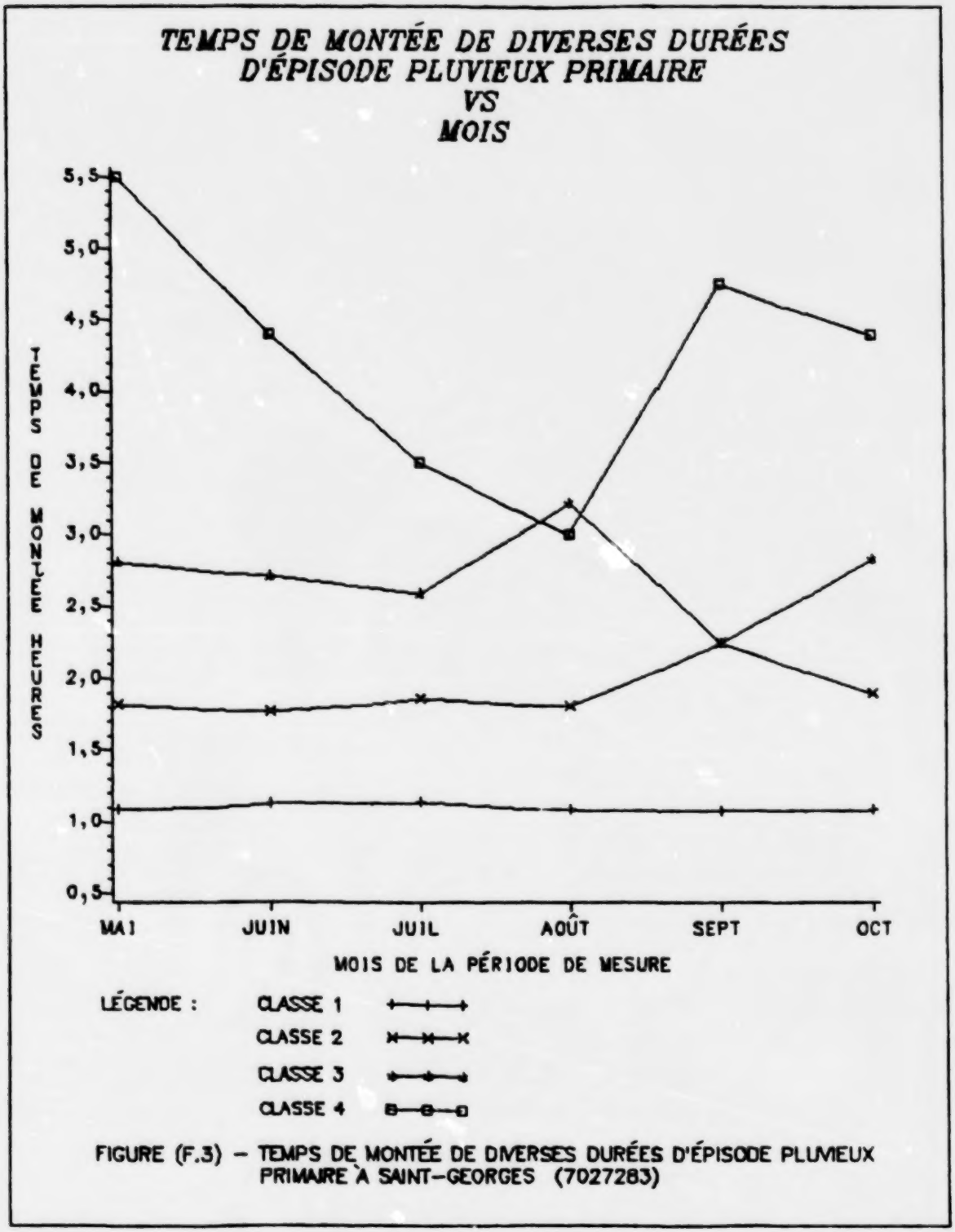

FIGURE (F.3) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-GEORGES (7027283)

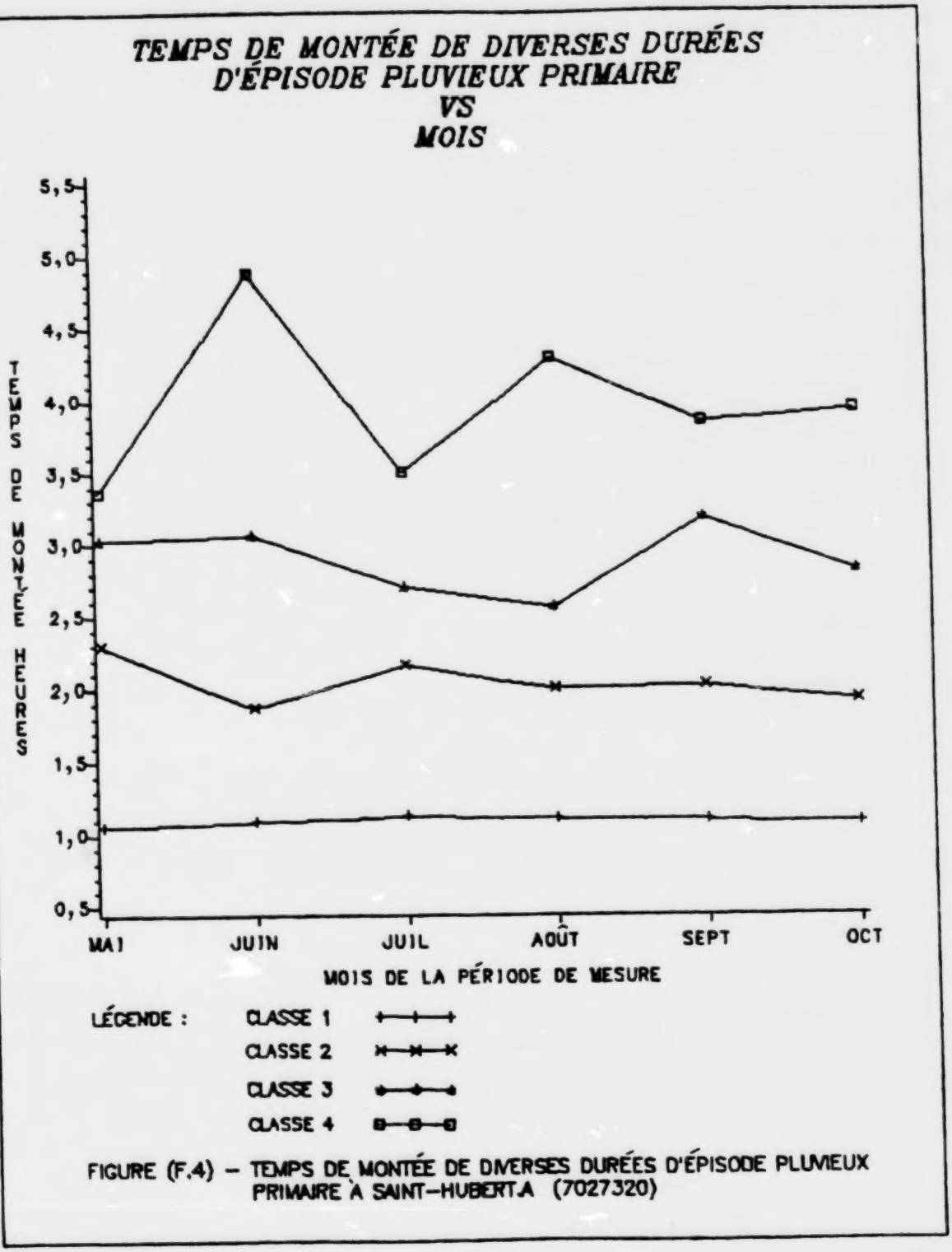

FIGURE (F.4) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SAINT-HUBERT A (7027320)

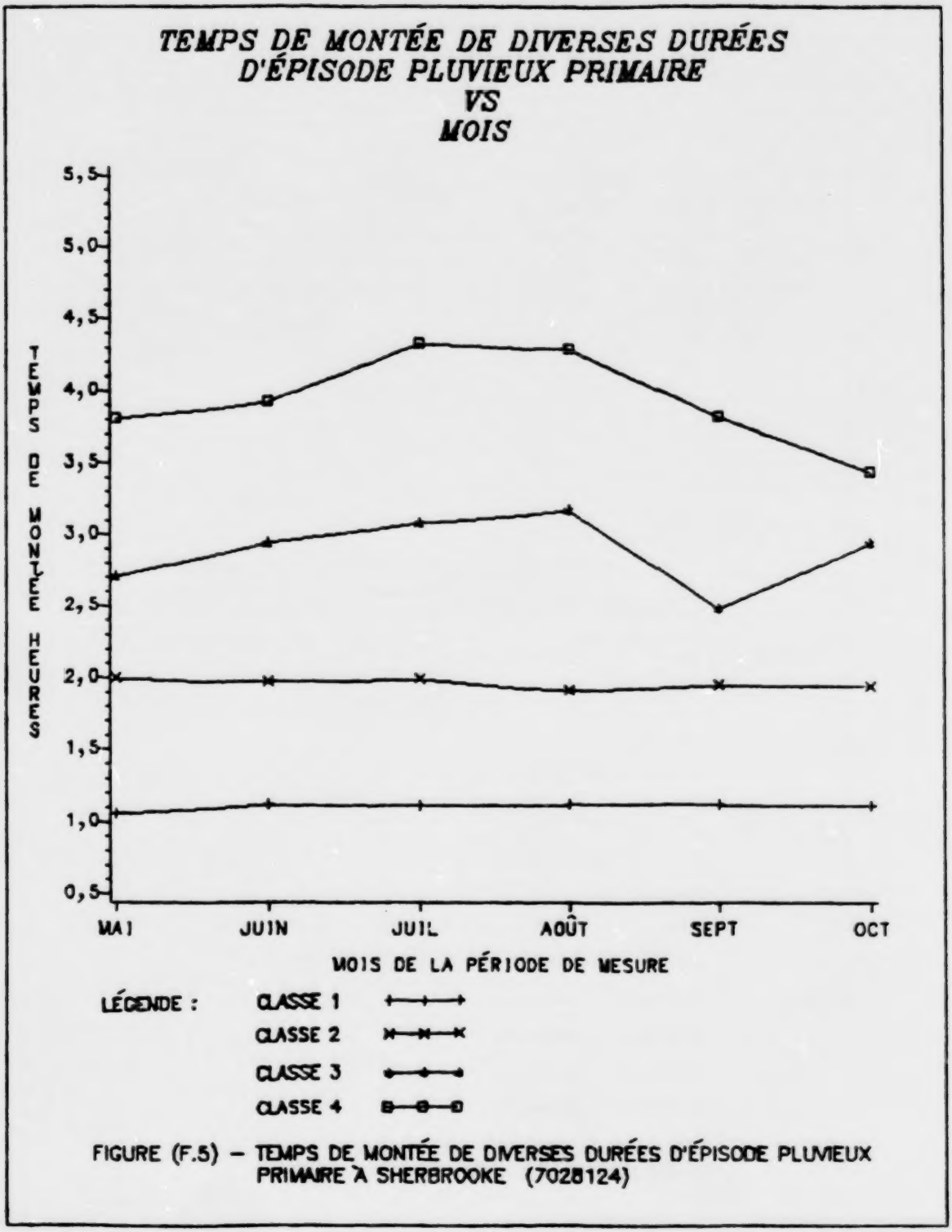

FIGURE (F.5) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À SHERBROOKE (7028124)

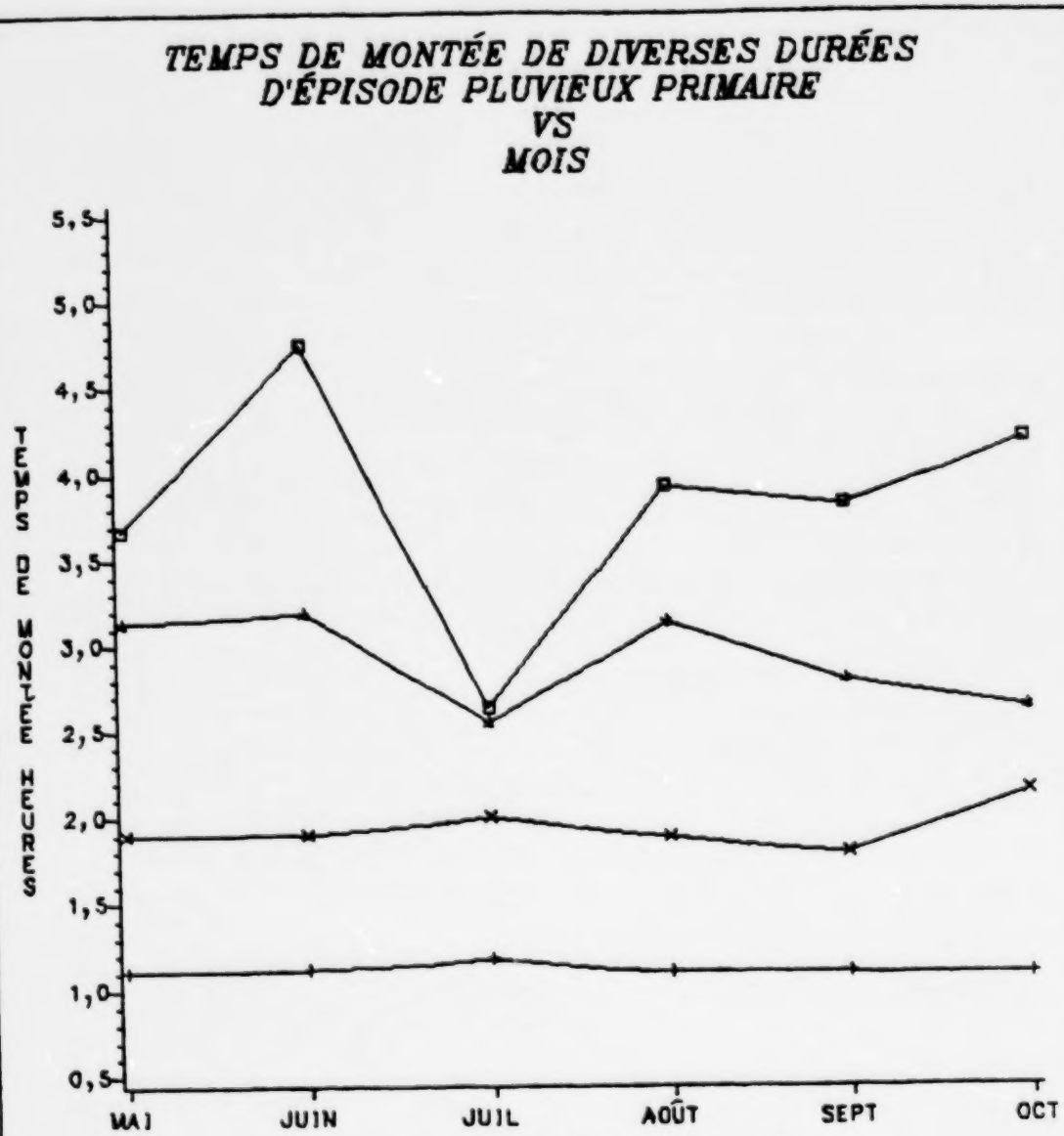

FIGURE (F.6) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À THETFORD-MINES (7028441)

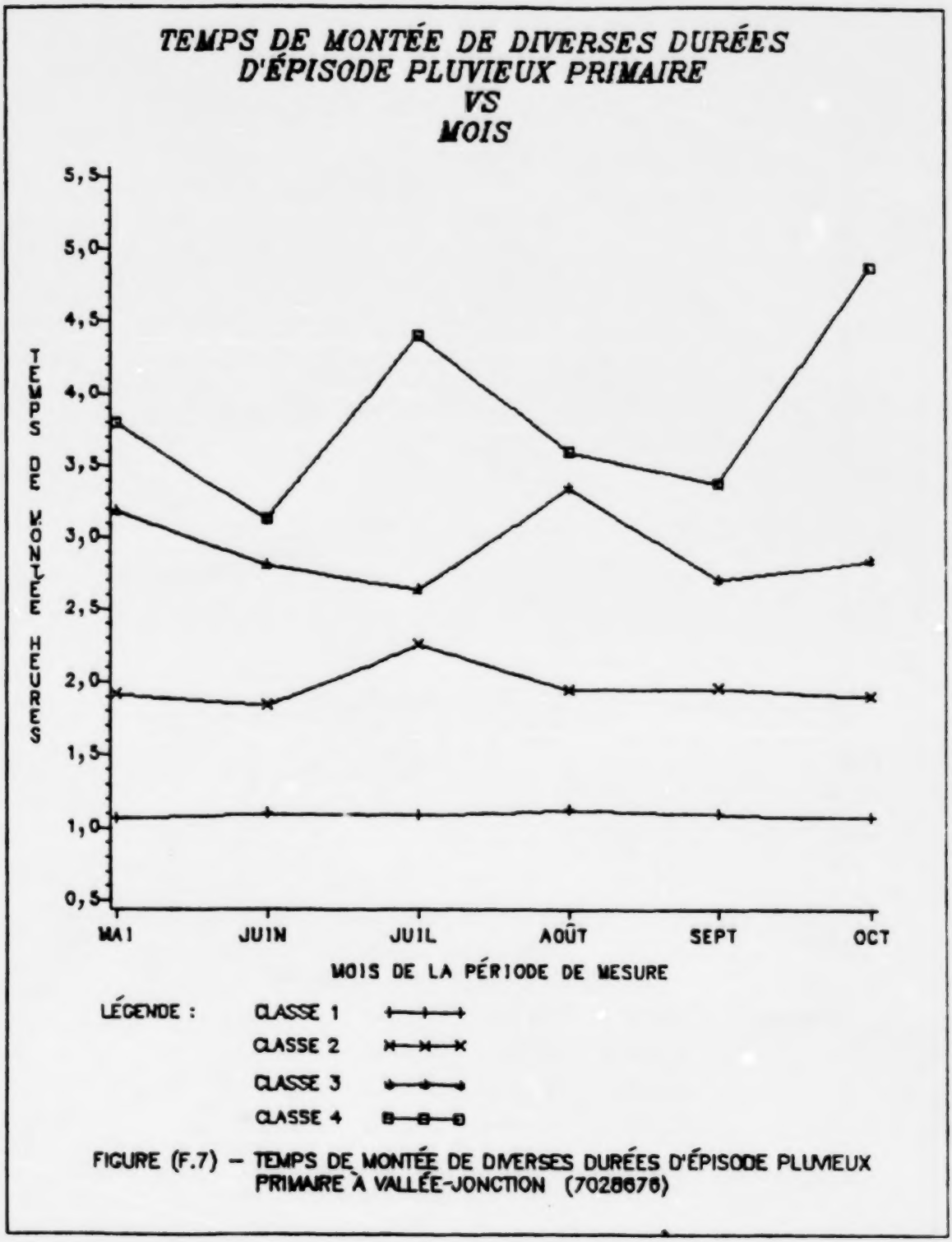

FIGURE (F.7) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX PRIMAIRE À VALLÉE-JONCTION (7028678)

APPENDICE G

FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{sm} = 2 HEURES

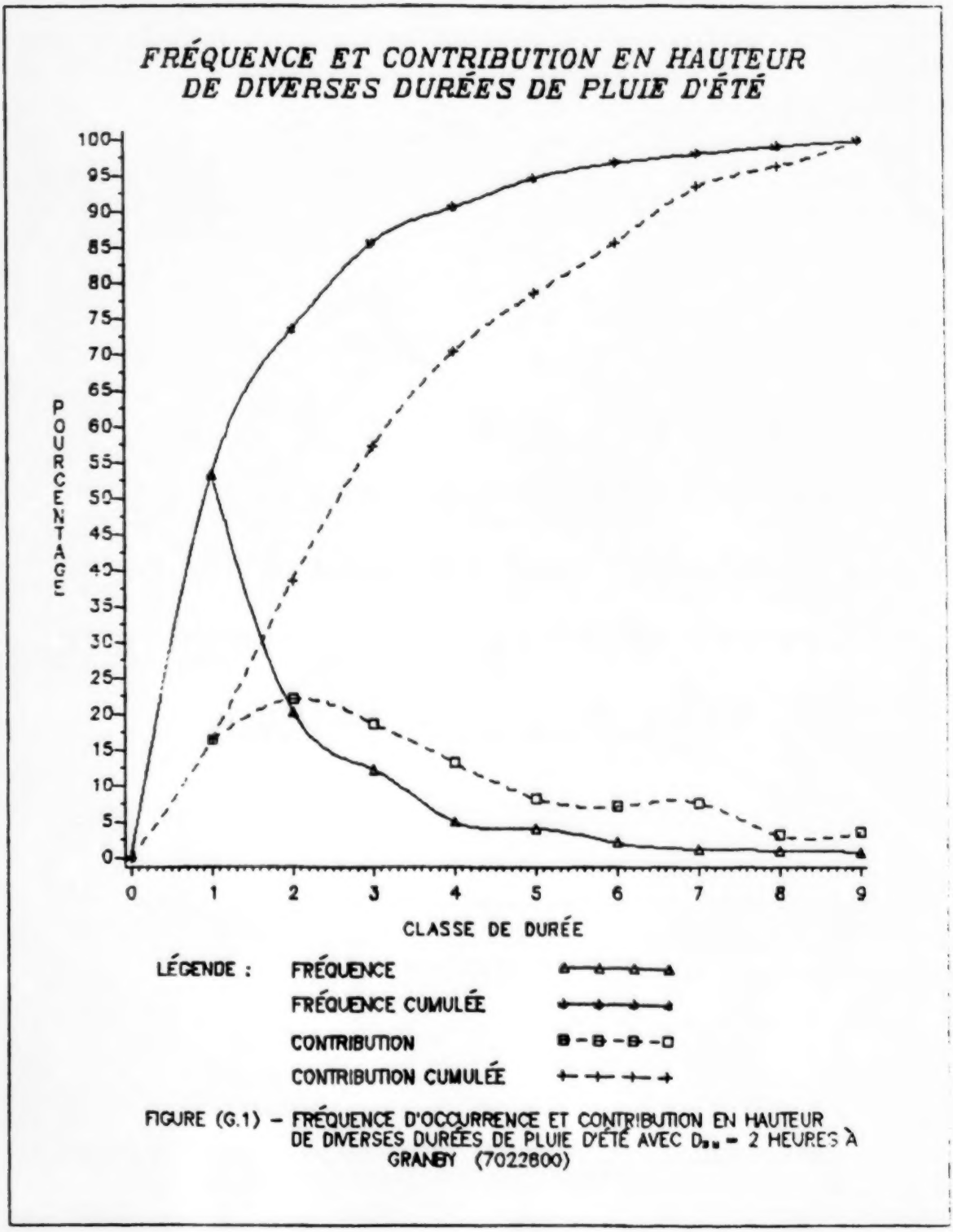

FIGURE (G.1) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{xx} = 2 HEURES À GRANBY (7022800)

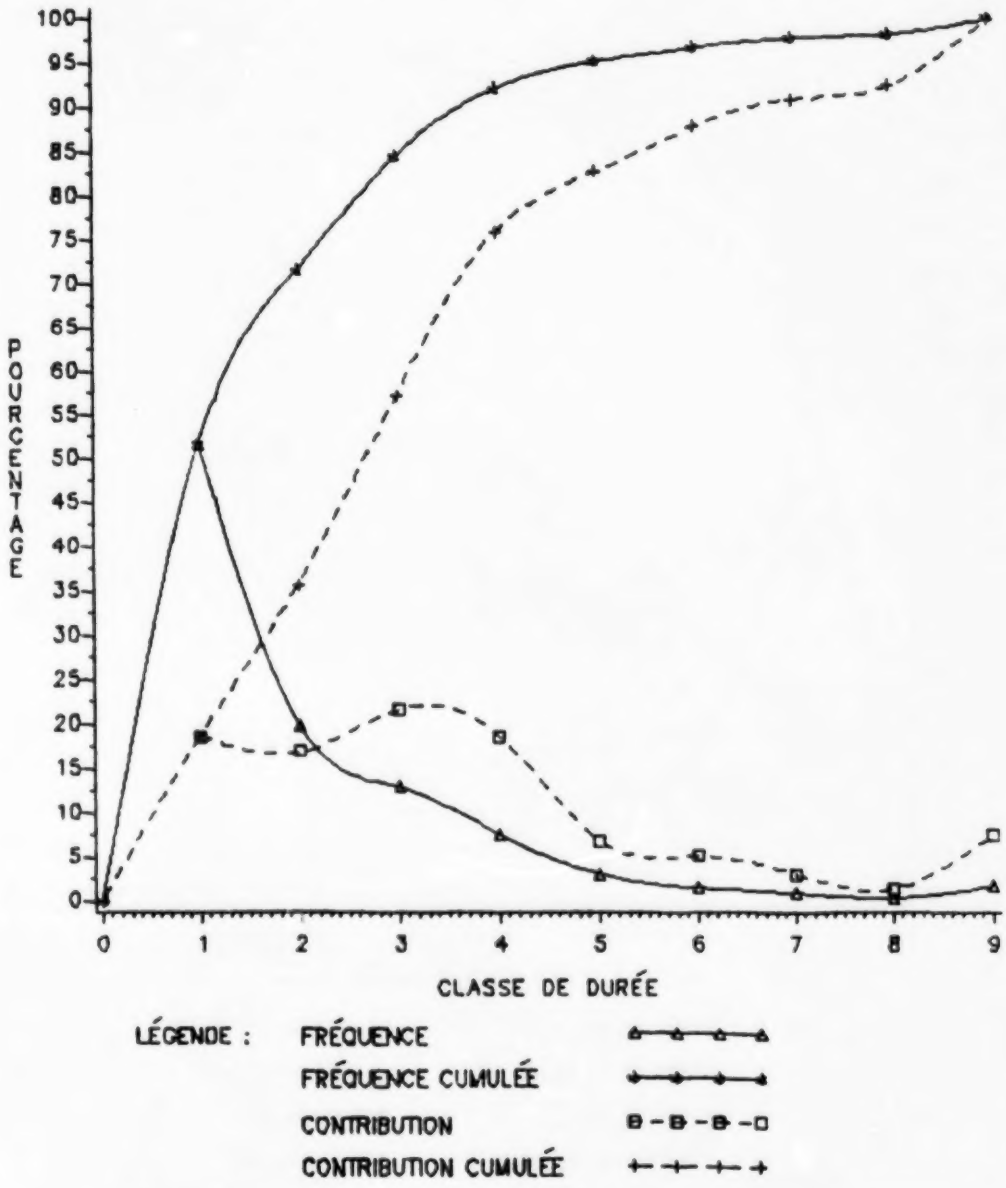

FIGURE (G.2) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{ss} = 2 HEURES À ISLAND-BROOK (7023312)

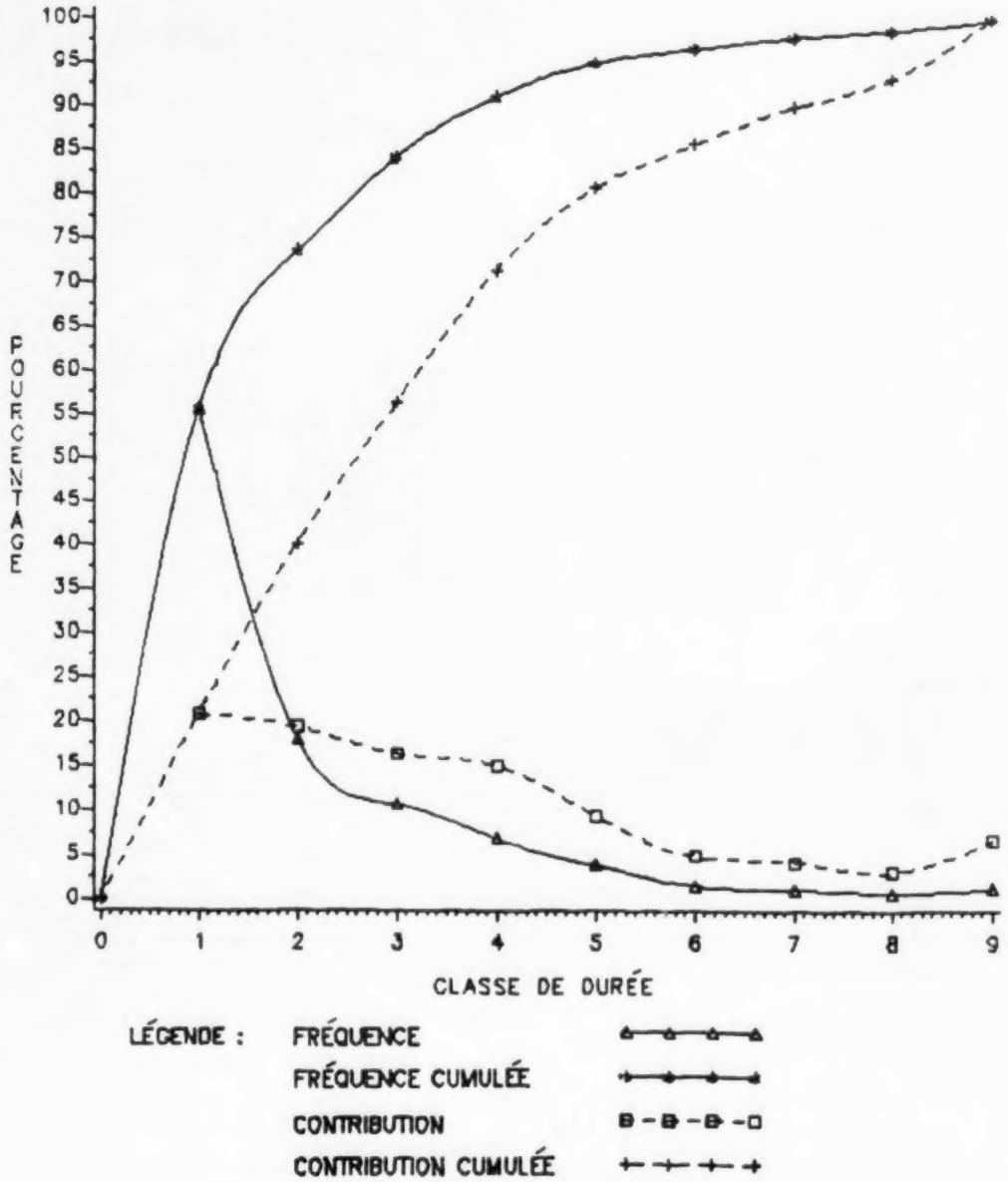

FIGURE (G.3) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{ss} = 2 HEURES À LENNOXVILLE-CDA (7024280)

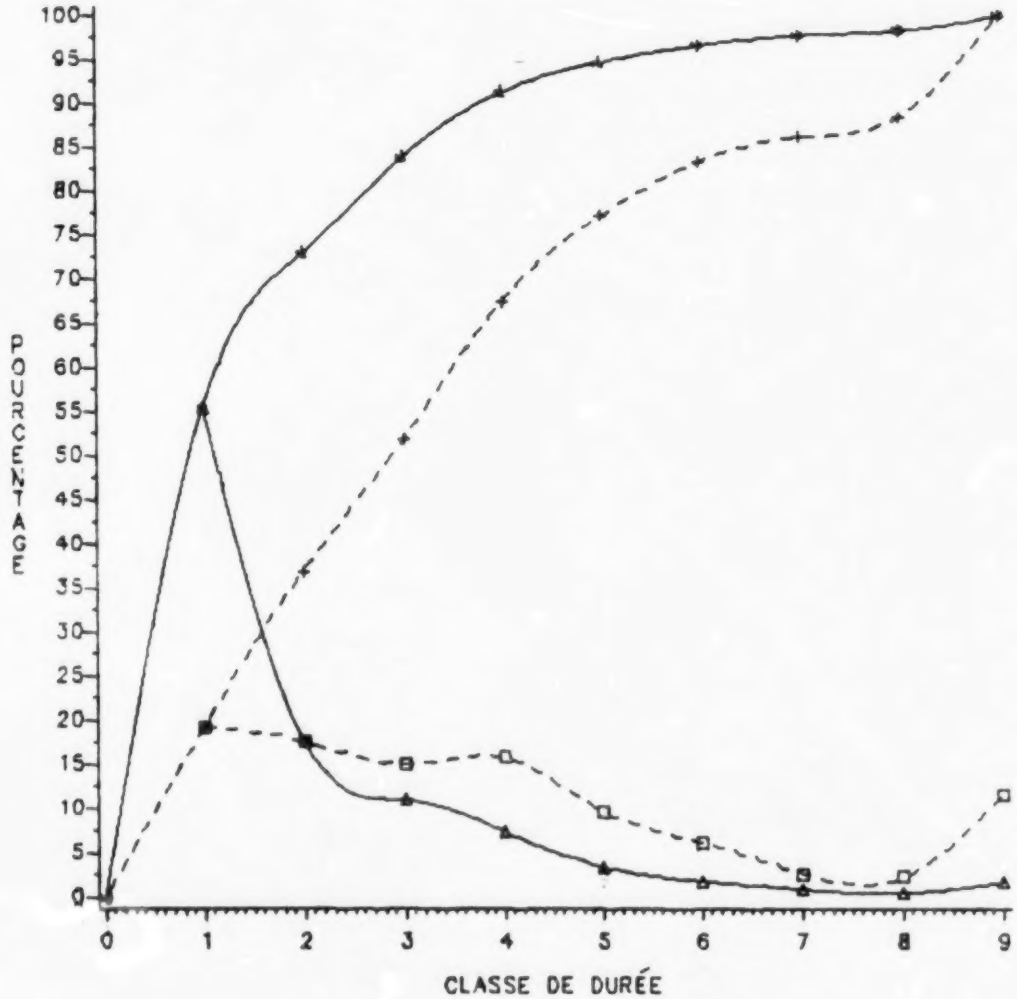

FIGURE (G.4) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{ss} = 2 HEURES À SAINT-GEORGES (7027283)

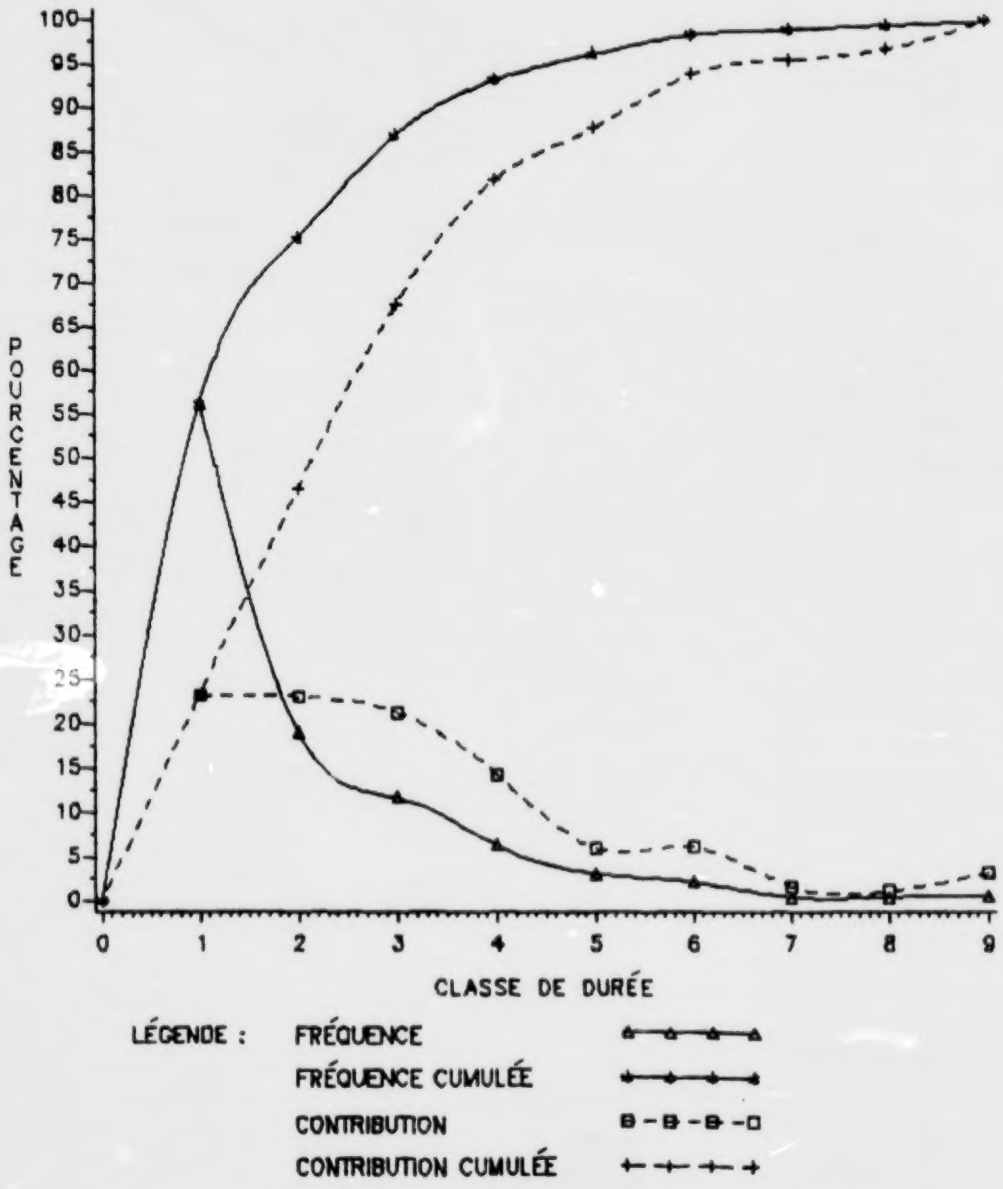

FIGURE (G.5) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC $D_{..}$ = 2 HEURES À SAINT-HUBERT A (7027320)

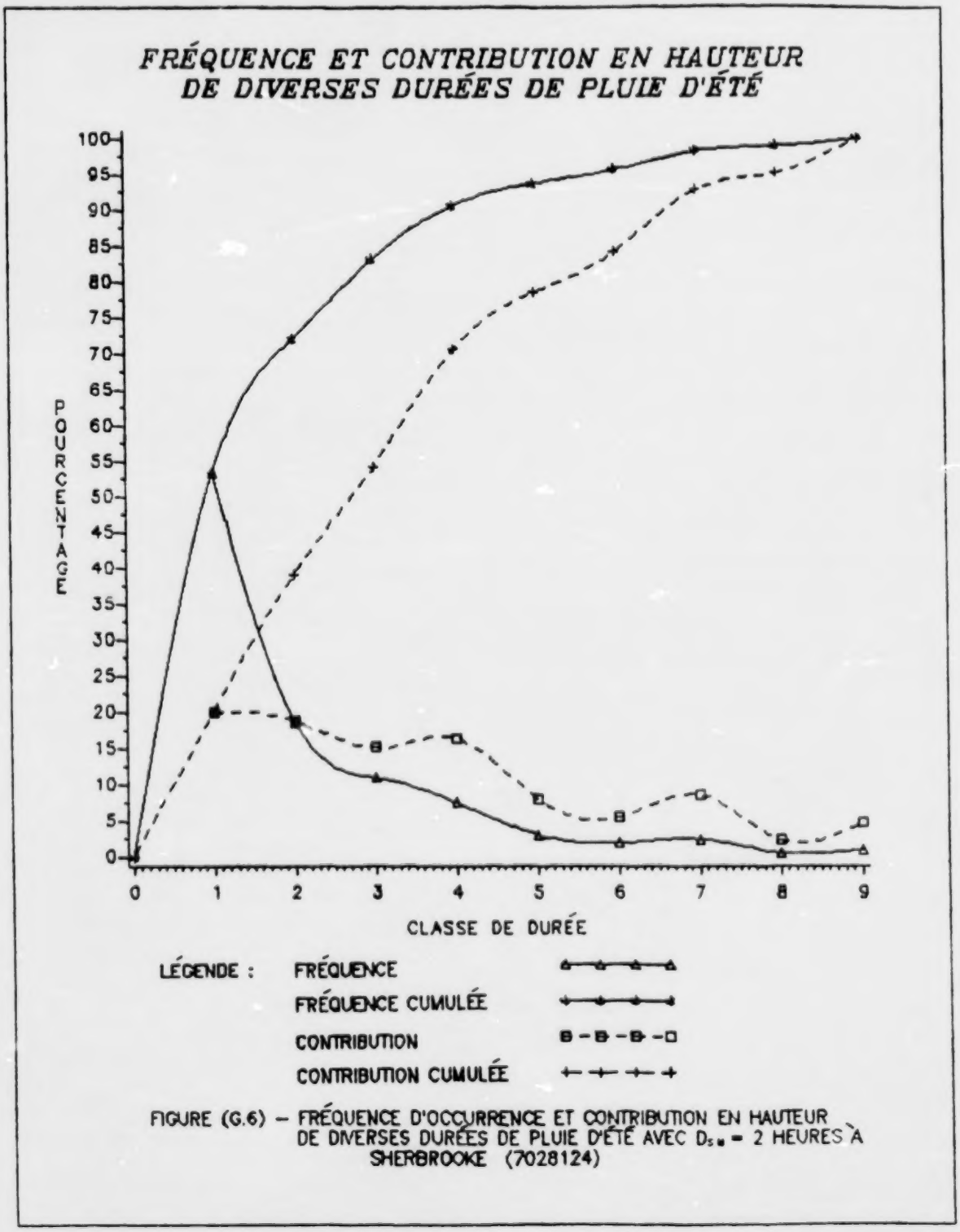

FIGURE (G.6) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC $D_{5.0}$ = 2 HEURES À SHERBROOKE (7028124)

FRÉQUENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

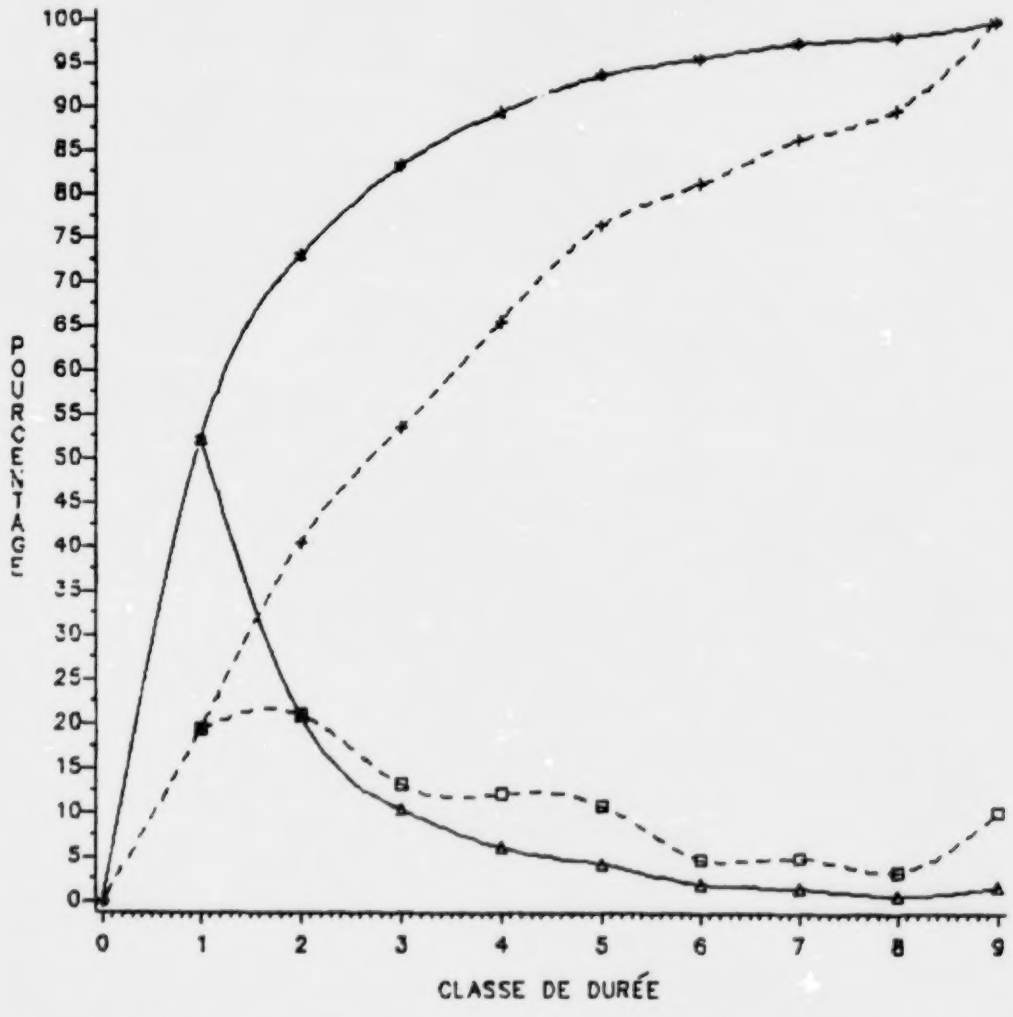

FIGURE (G.7) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC D_{max} = 2 HEURES À THETFORD-MINES (7028441)

FRÉQUENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ

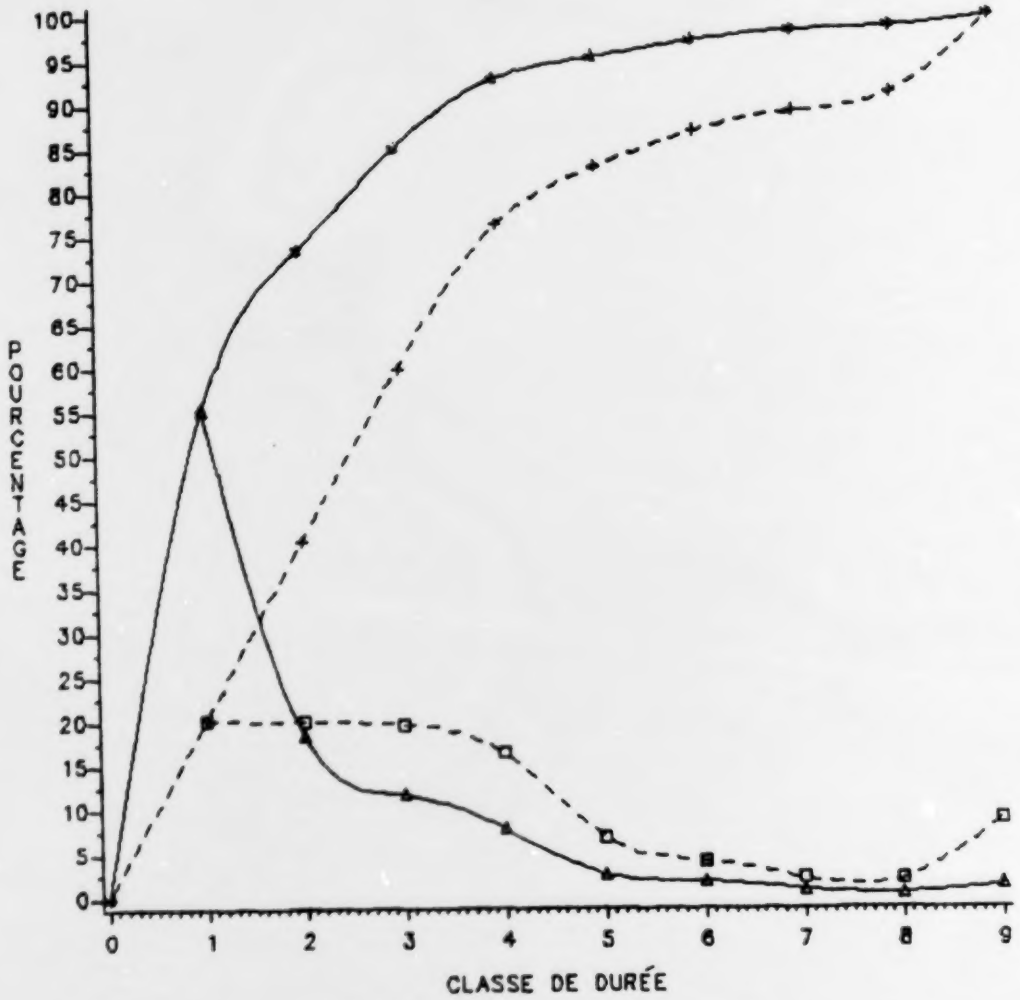

FIGURE (G.8) – FRÉQUENCE D'OCCURRENCE ET CONTRIBUTION EN HAUTEUR DE DIVERSES DURÉES DE PLUIE D'ÉTÉ AVEC $D_{..}$ = 2 HEURES À VALLÉE-JONCTION (7028676)

APPENDICE H

INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{sm} = 2 HEURES

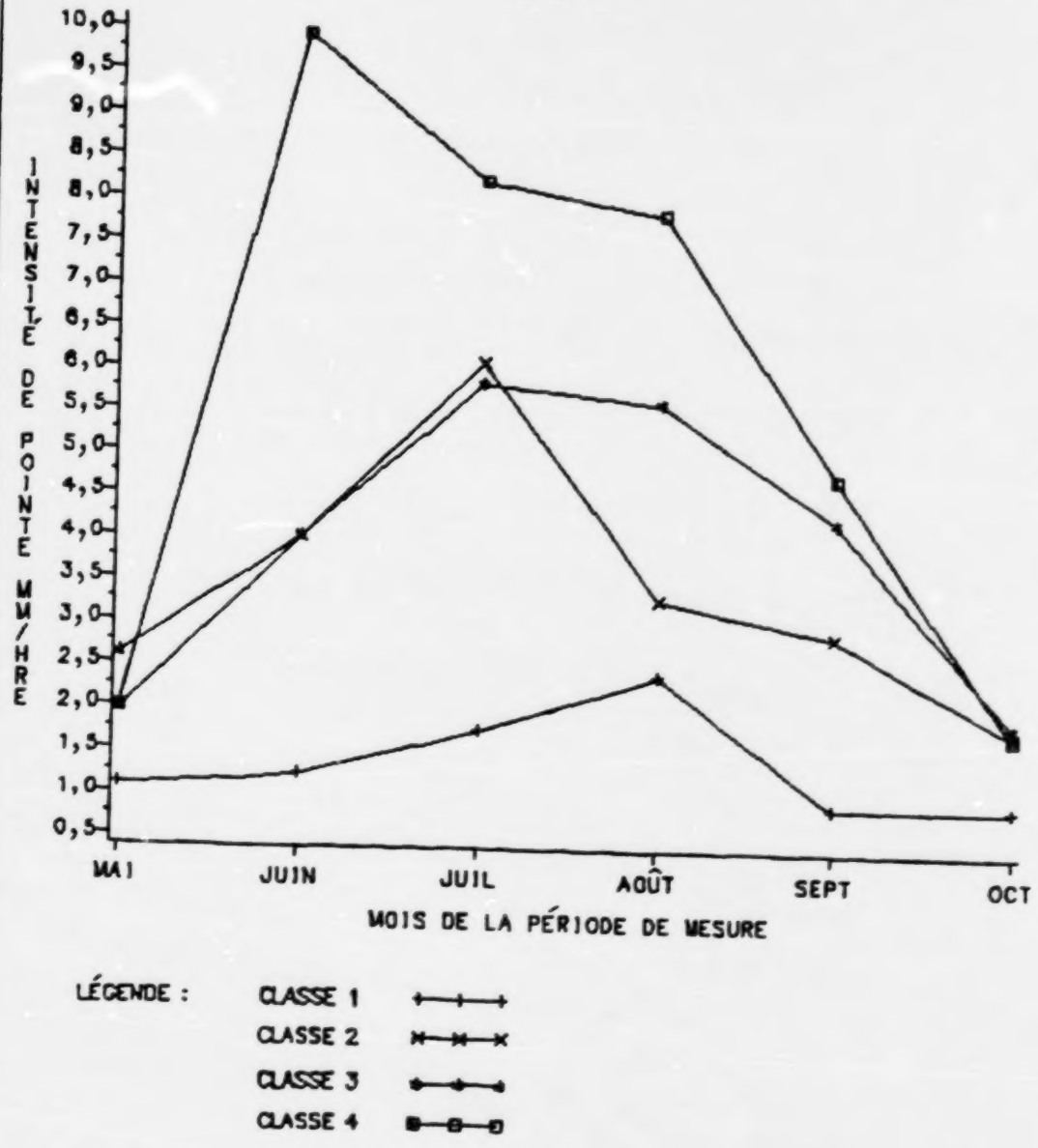

FIGURE (H.1) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\bullet\bullet}$ = 2 HEURES À GRANBY (7022800)

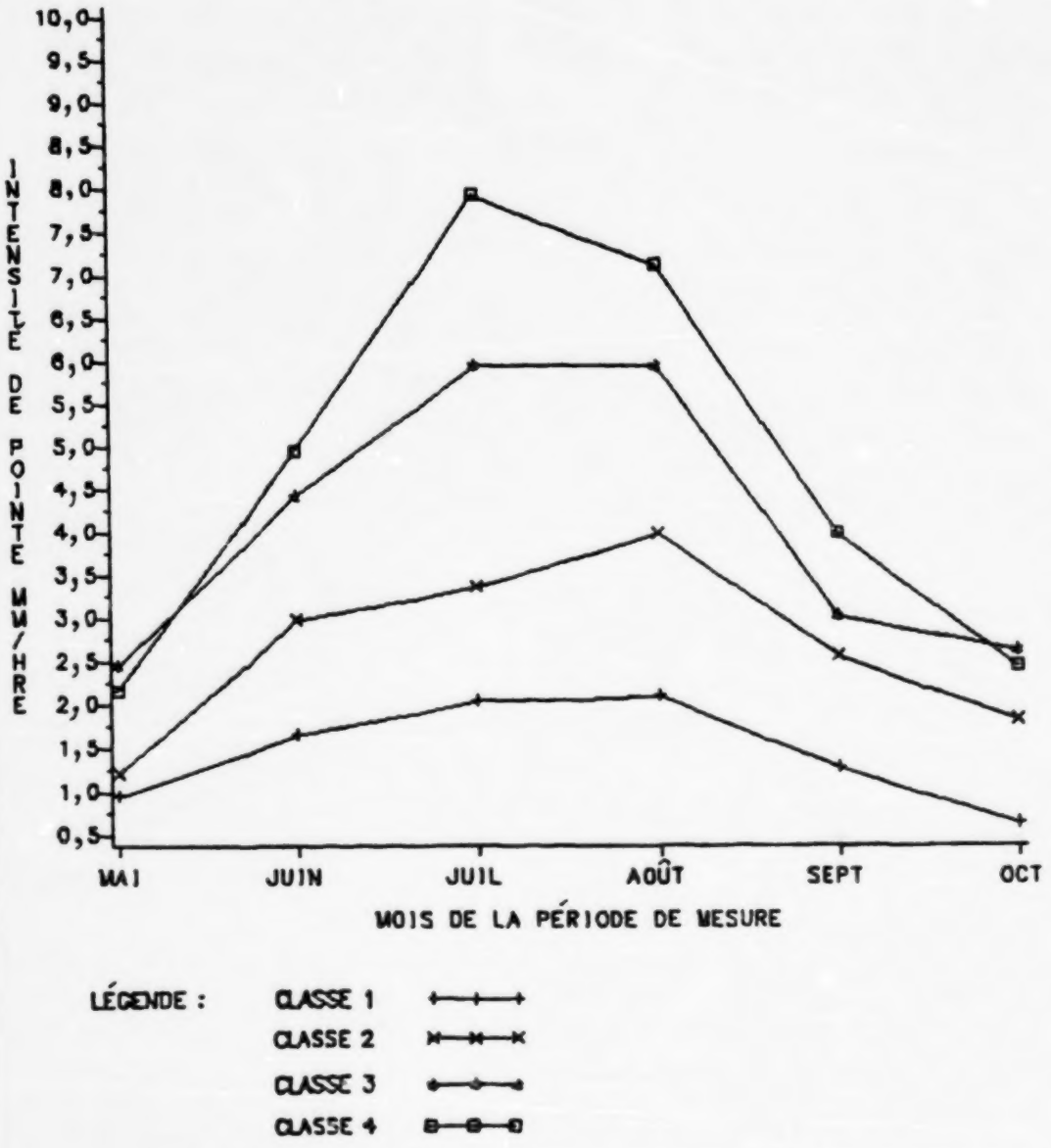

FIGURE (H.2) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\text{éq}}$ = 2 HEURES À ISLAND-BROOK (7023312)

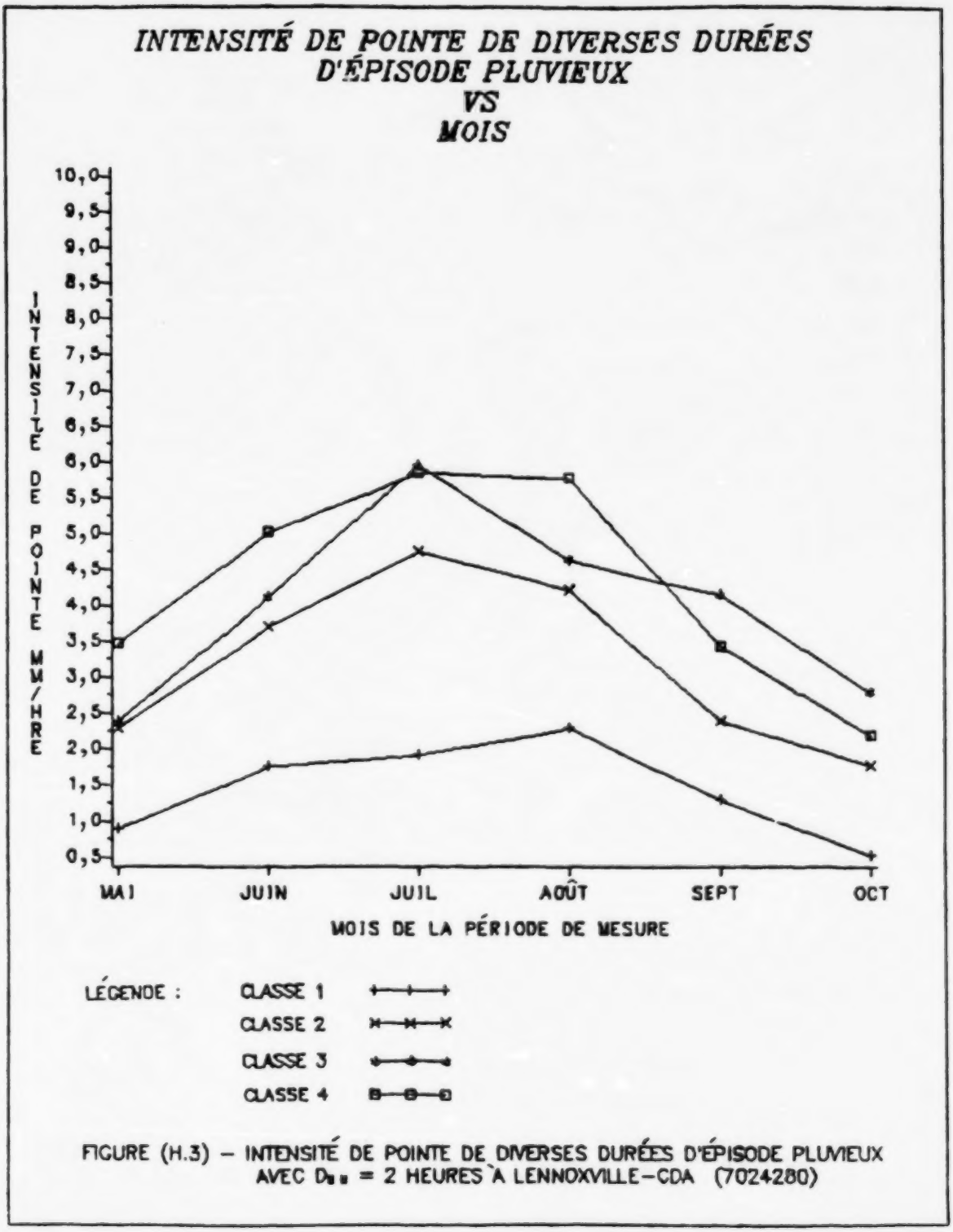

FIGURE (H.3) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\blacksquare\blacksquare}$ = 2 HEURES À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

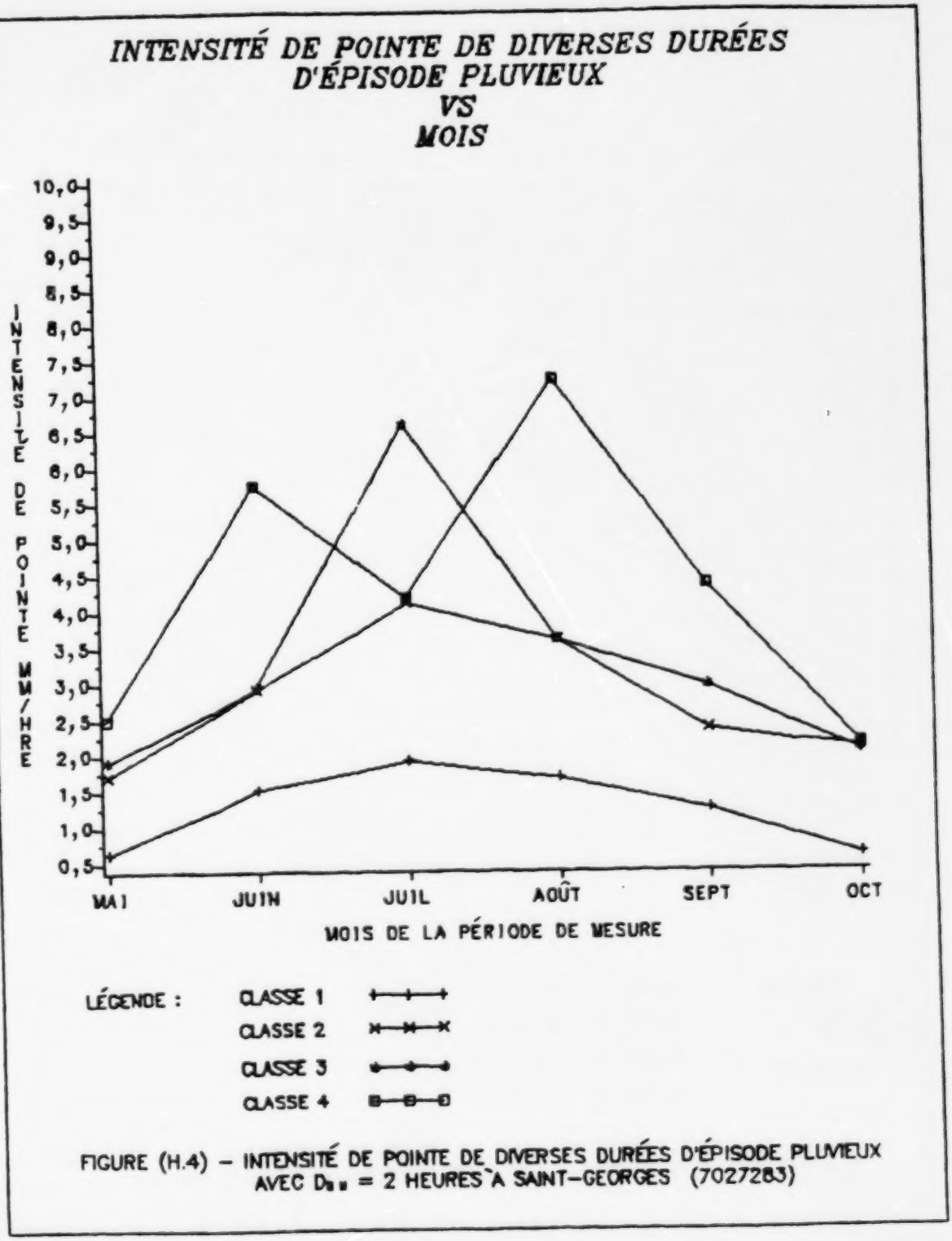

FIGURE (H.4) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{ep} = 2 HEURES À SAINT-GEORGES (7027283)

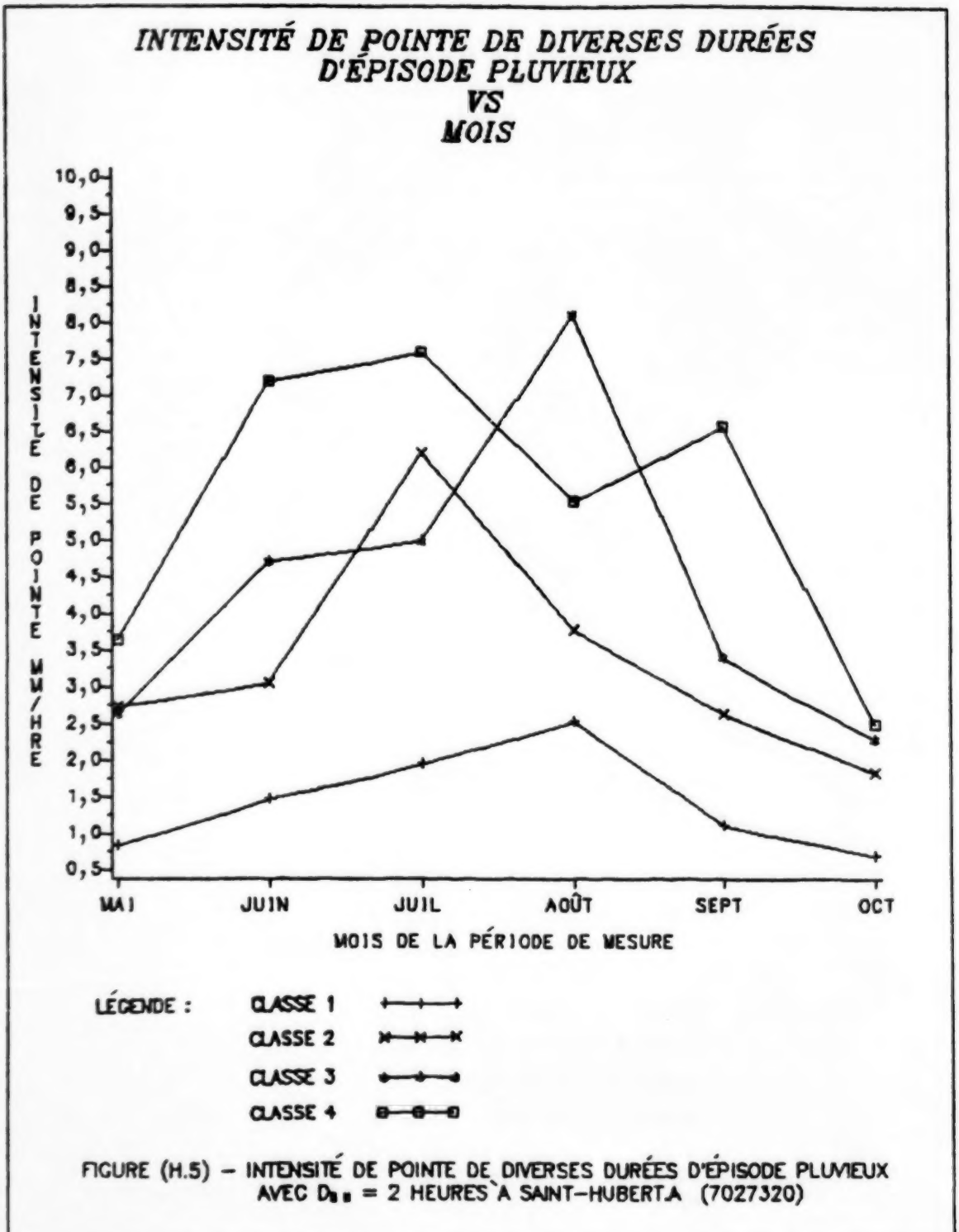

FIGURE (H.5) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{ss} = 2 HEURES À SAINT-HUBERT.A (7027320)

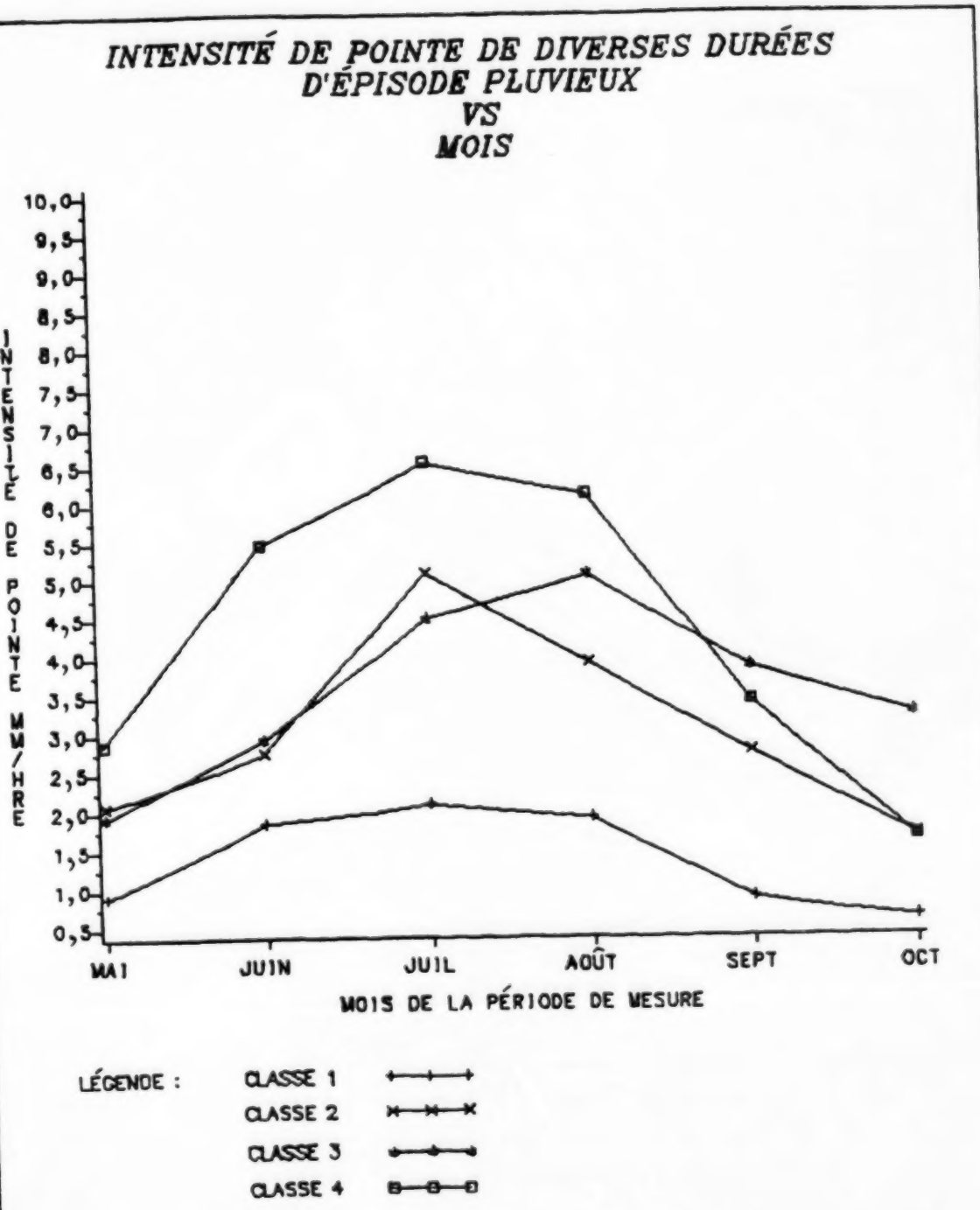

FIGURE (H.6) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\alpha\beta}$ = 2 HEURES À SHERBROOKE (7028124)

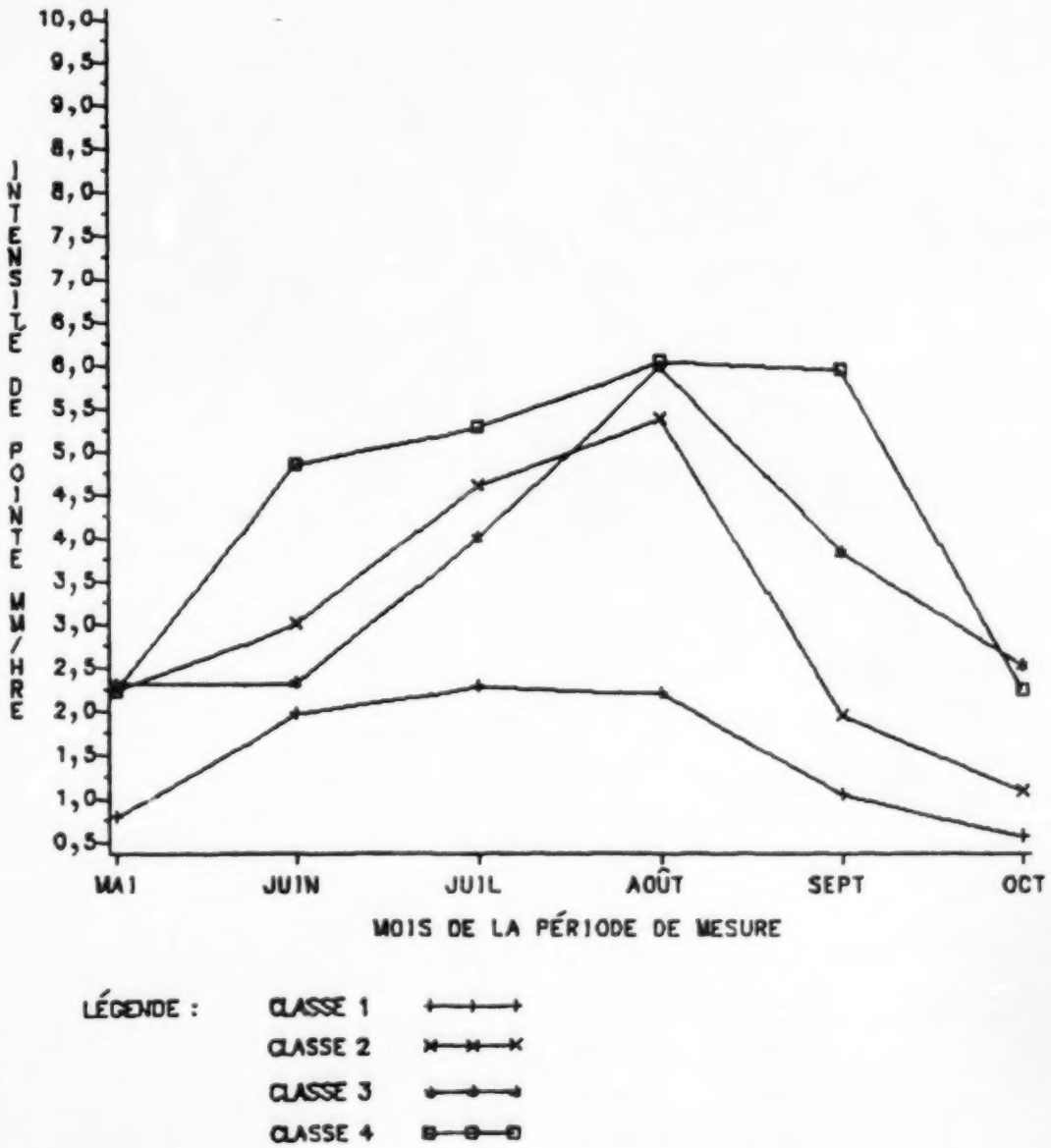

FIGURE (H.7) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\text{é}}$ = 2 HEURES À THETFORD-MINES (7028441)

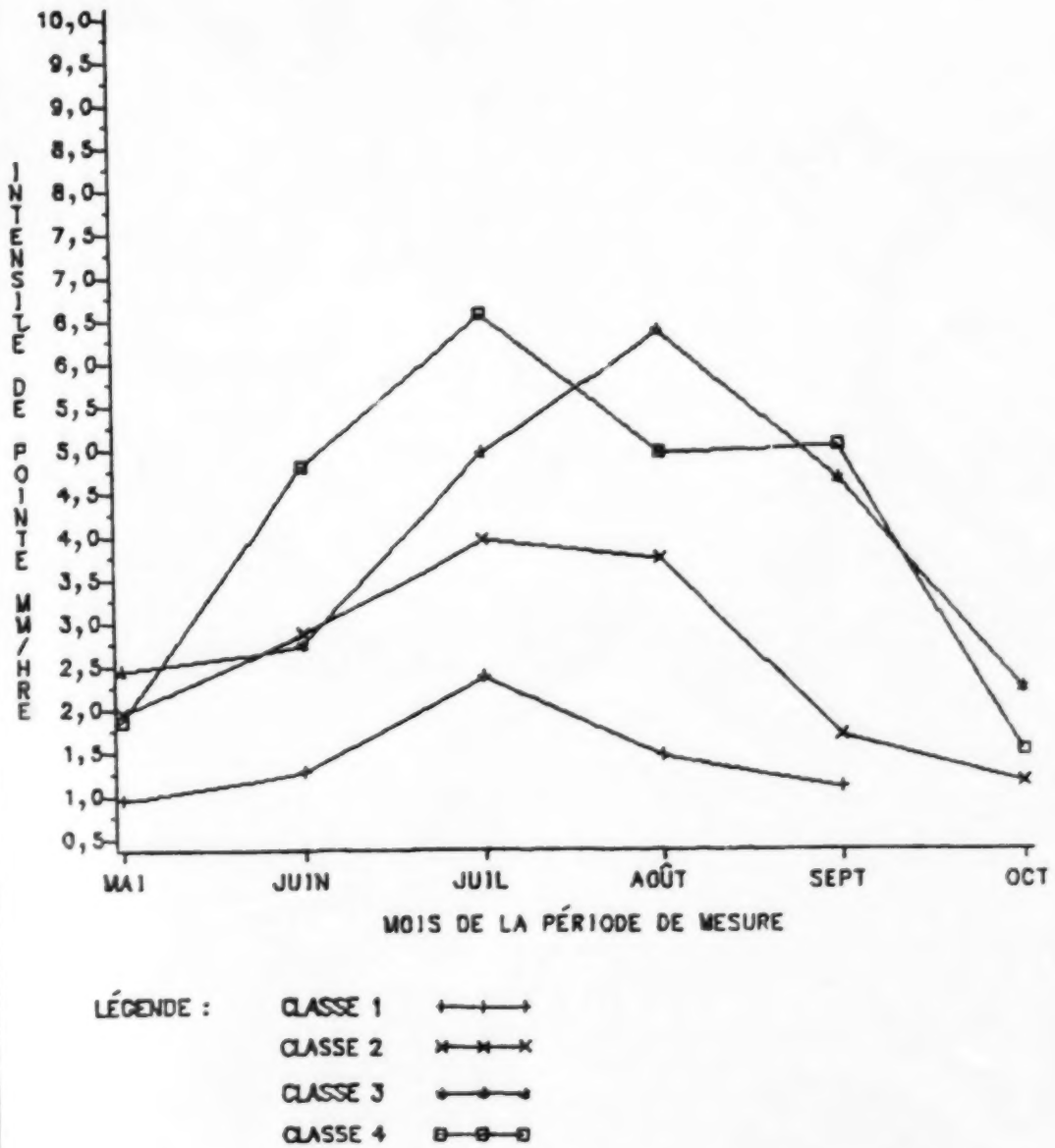

FIGURE (H.8) – INTENSITÉ DE POINTE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{5,2}$ = 2 HEURES À VALLÉE-JONCTION (7028676)

A P P E N D I C E I

TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{sm} = 2 HEURES

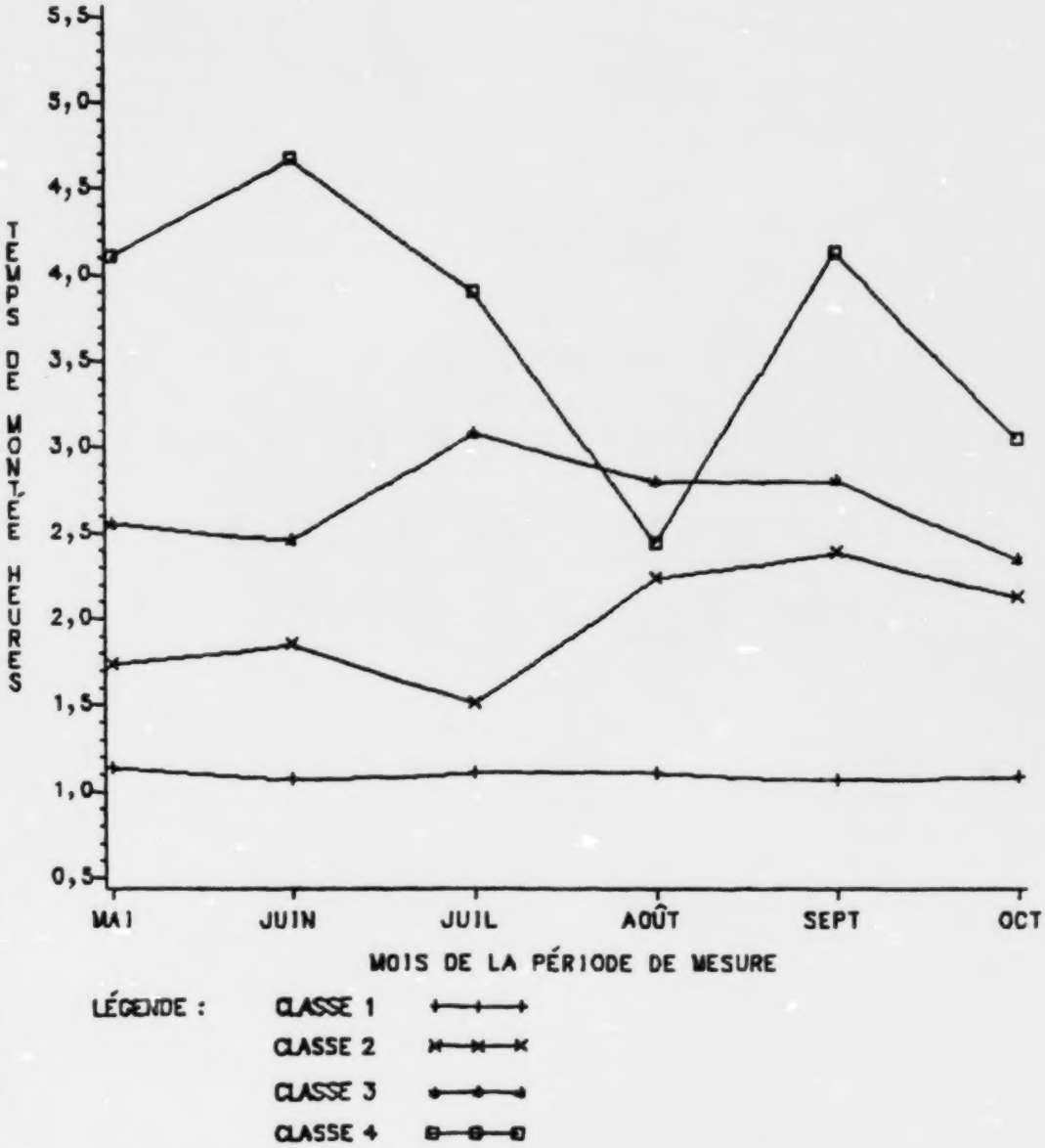

FIGURE (I.1) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{tt} = 2 HEURES À GRANBY (7022800)

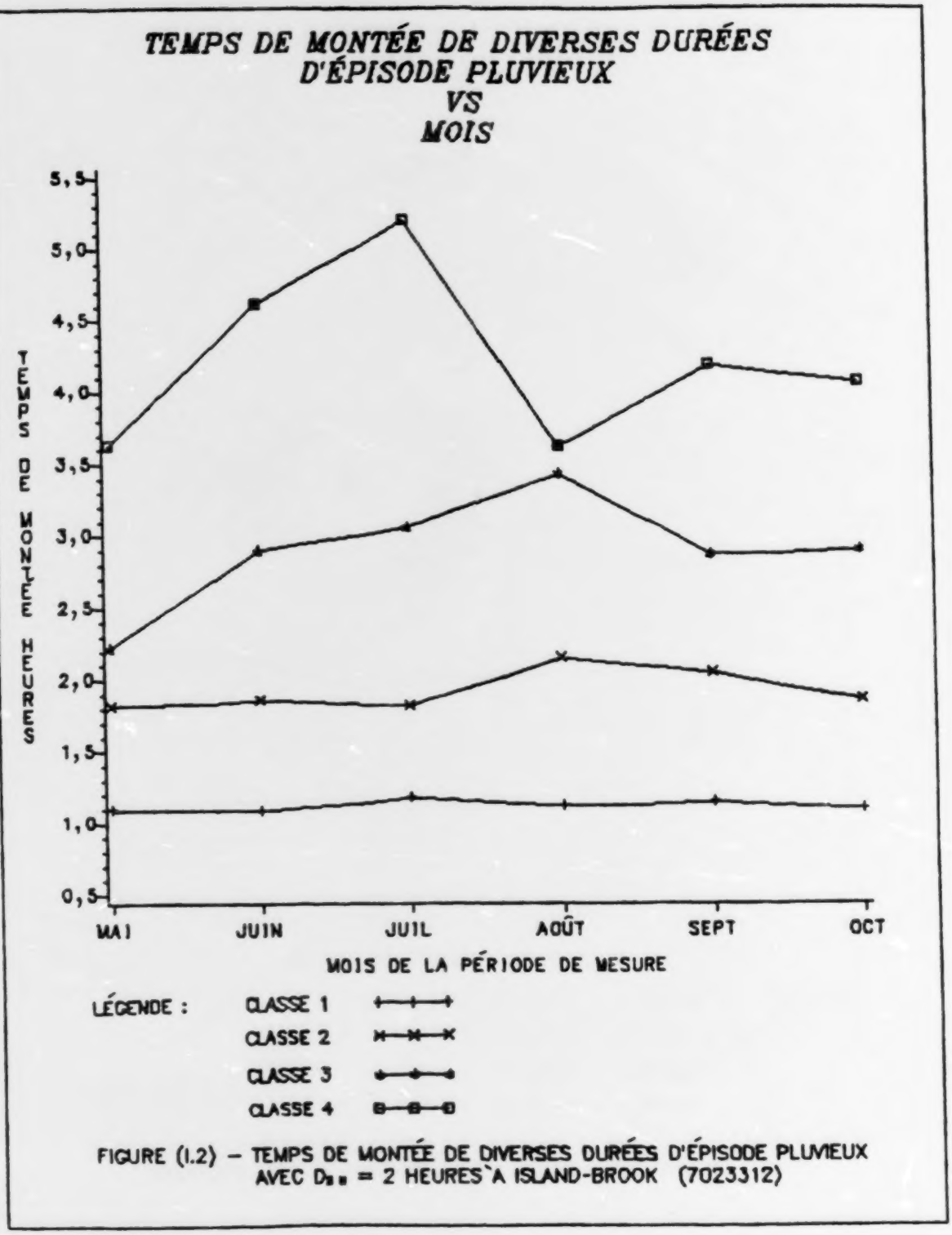

FIGURE (I.2) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{\blacksquare\blacksquare}$ = 2 HEURES À ISLAND-BROOK (7023312)

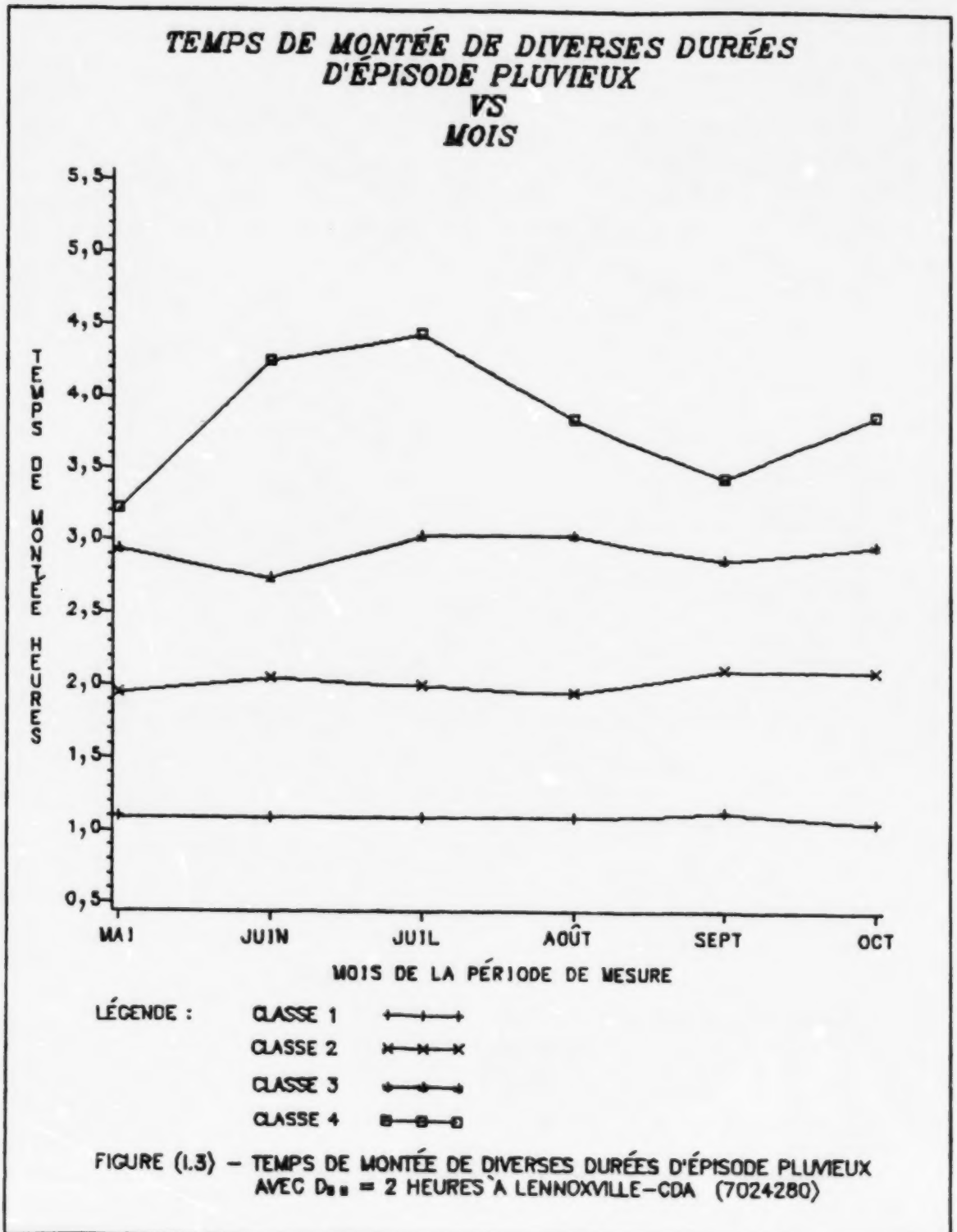

FIGURE (I.3) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{tt} = 2 HEURES À LENNOXVILLE–CDA (7024280)

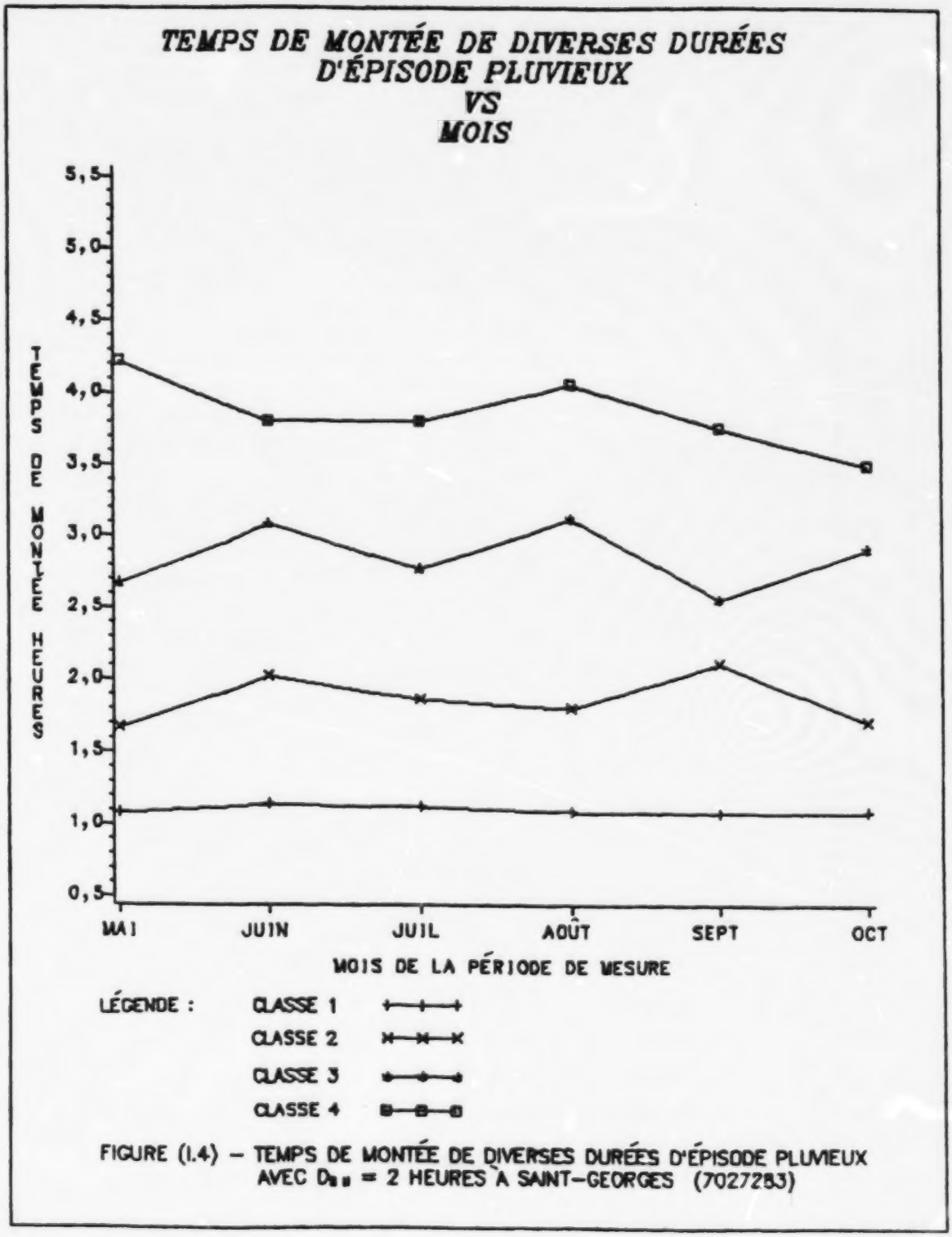

FIGURE (I.4) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{24} = 2$ HEURES À SAINT-GEORGES (7027283)

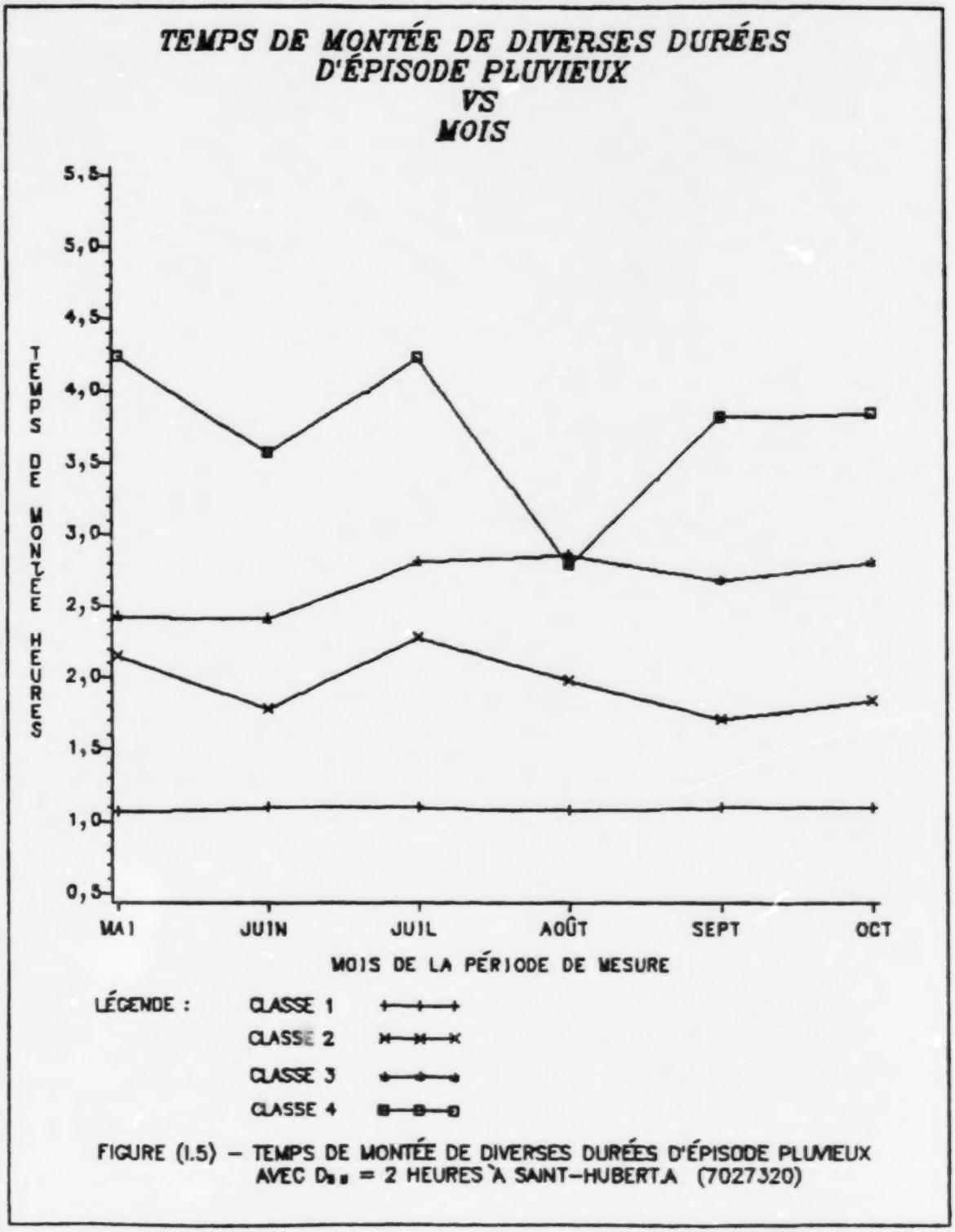

FIGURE (I.5) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{2,2}$ = 2 HEURES À SAINT-HUBERT.A (7027320)

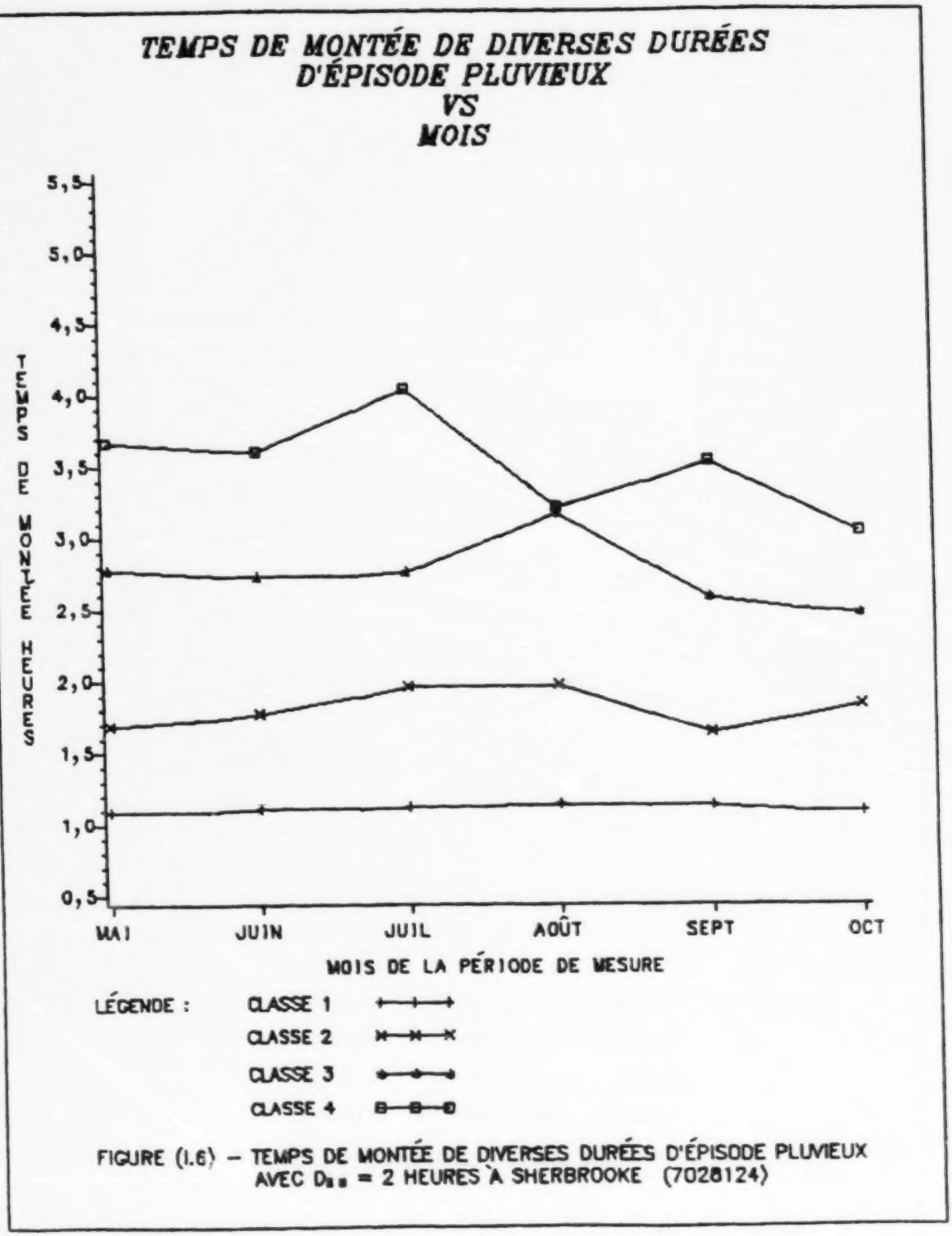

FIGURE (I.6) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{aa} = 2 HEURES À SHERBROOKE (7028124)

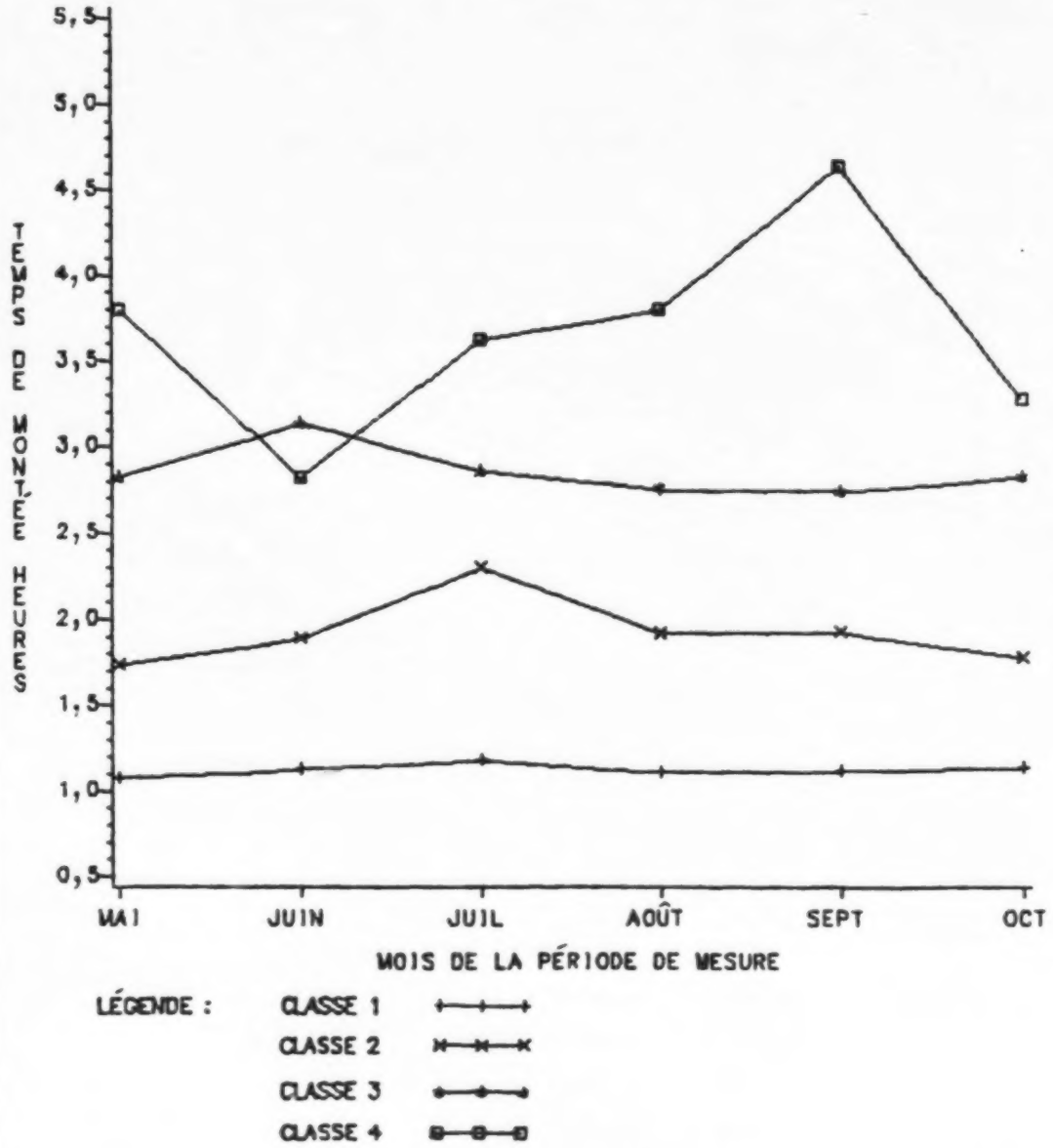

FIGURE (I.7) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC $D_{2,2}$ = 2 HEURES À THETFORD-MINES (7028441)

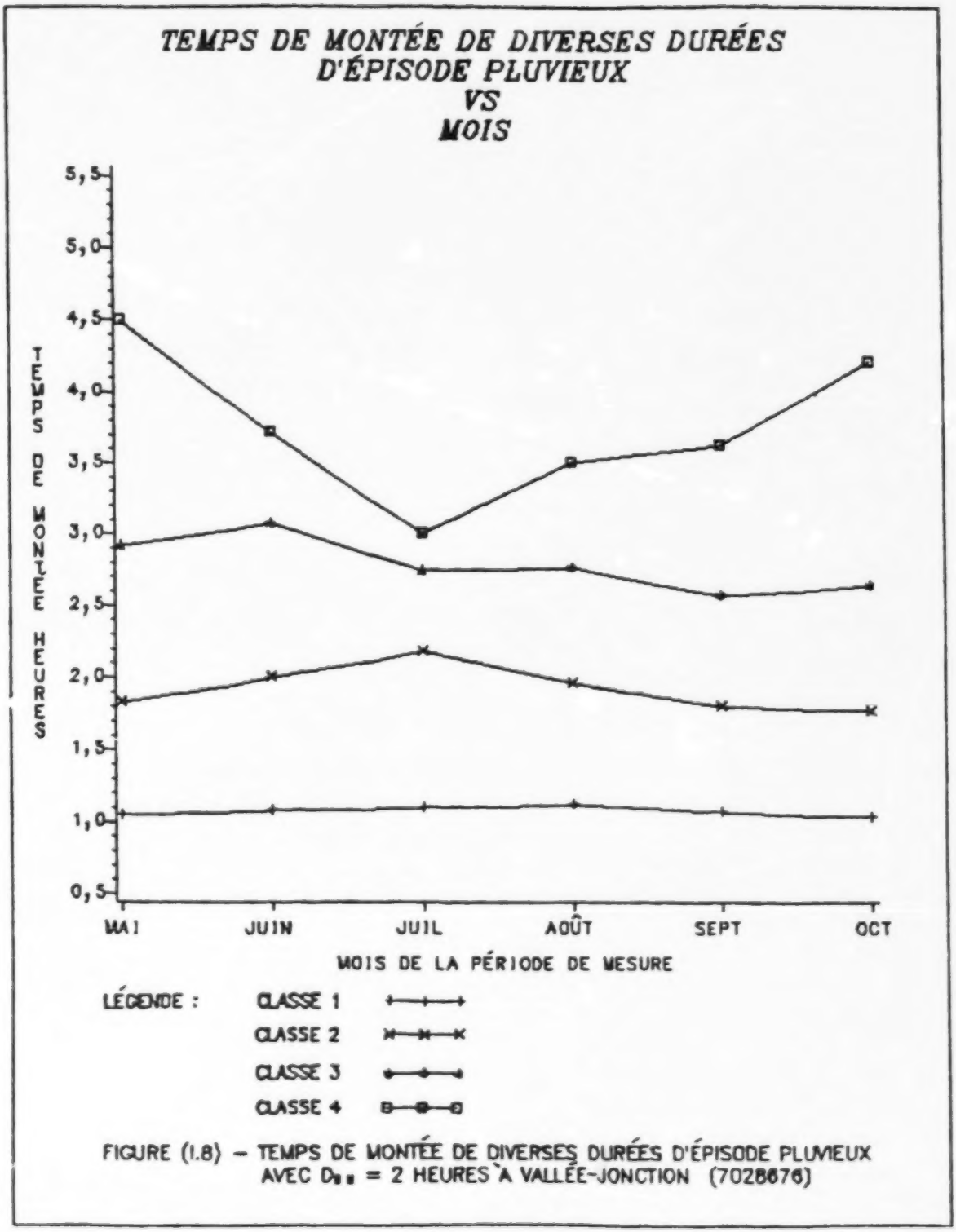

FIGURE (I.8) – TEMPS DE MONTÉE DE DIVERSES DURÉES D'ÉPISODE PLUVIEUX AVEC D_{tt} = 2 HEURES À VALLÉE-JONCTION (7028676)

Gouvernement du Québec
Ministère de
l'Environnement